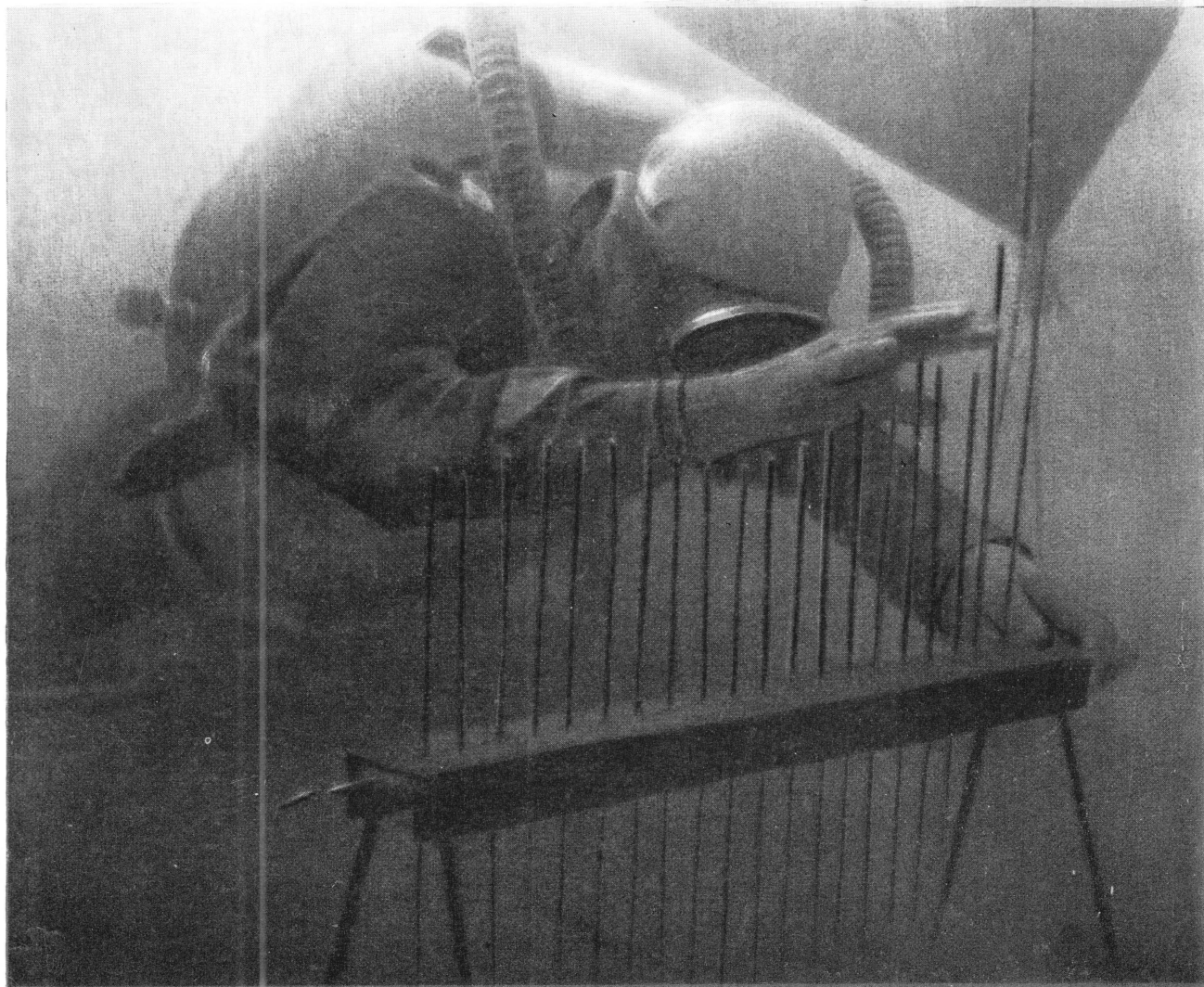




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

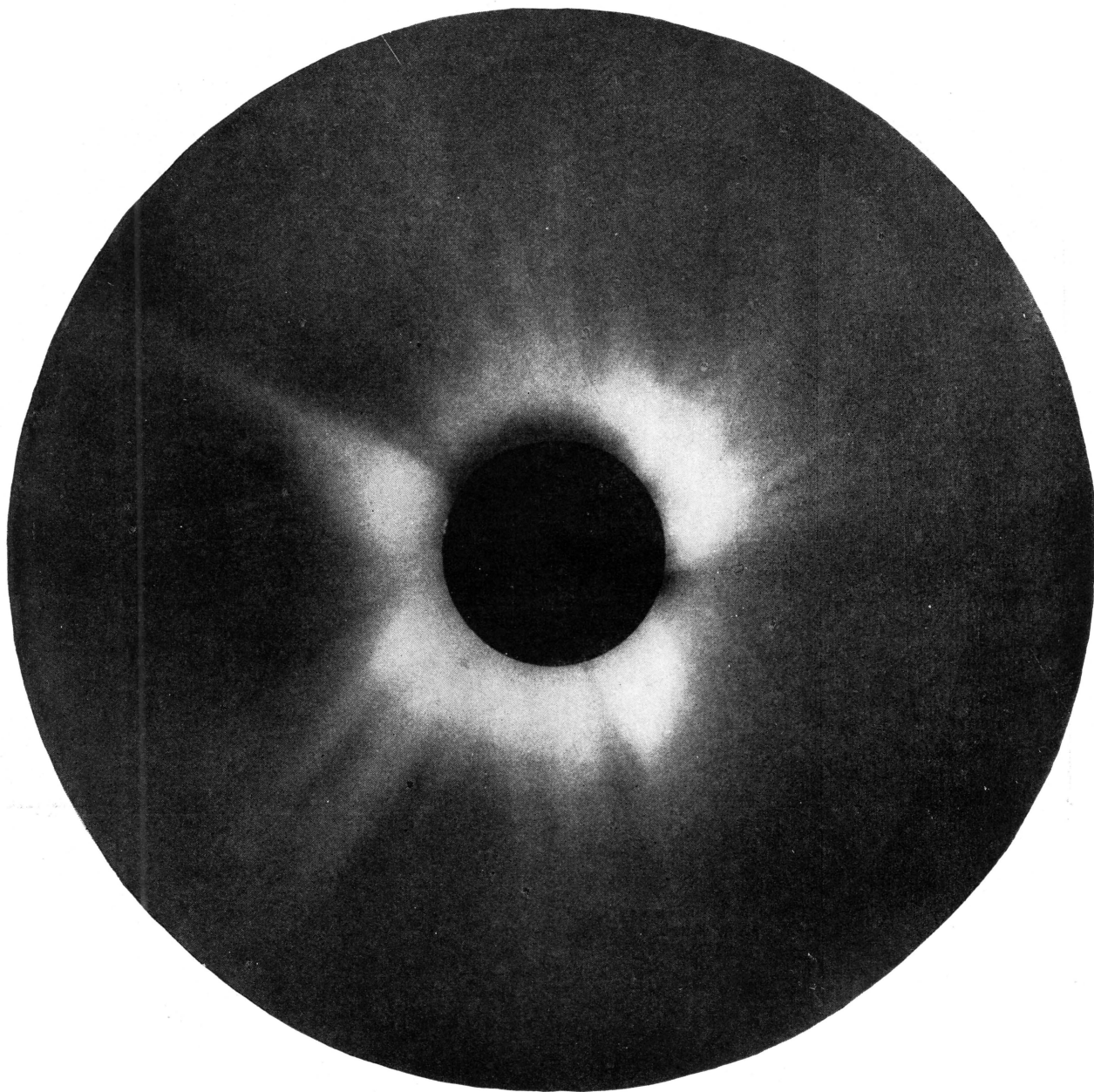
5

1970

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Солнечная корона 7 марта 1970 г. Снимок сделан в Мексике П. В. Щегловым и Н. Б. Егоровой. Корону фотографировали через радиальный фильтр, оптическая плотность которого по мере приближения к центру возрастает примерно так же, как и яркость короны. С таким фильтром удается получить изображение всей короны

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



СЕНТЯБРЬ — ОКТЯБРЬ

5 1970

Издательство «Наука»
Москва

В номере

Л. М. Гиндилис — Внеземные цивилизации — объект поисков и исследований	2
Б. В. Комберг — Загадка инфракрасного излучения ядер галактик	10
К. Л. Проворов — Инженерная геодезия	13
Д. М. Толмазин — Океан в движении	17
Д. Крукшенк — Астрономы наблюдают Солнце с самолета	26
Н. Армстронг — Исследование лунной поверхности	30

ЛЮДИ НАУКИ

А. А. Космодемьянский — Научная фантазия в творчестве К. Э. Циолковского	37
Давид Альбертович Франк-Каменецкий	44

ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

А. Рюкл — Две английские обсерватории	45
---	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

В. Н. Цытович — Ученые обсуждают проблему пульсаров	48
---	----

ЭКСПЕДИЦИИ

Солнечное затмение 7 марта 1970 года	
Э. В. Кононович — Солнечное затмение в двух океанах	50
А. Н. Коржавин, М. А. Лившиц — Радиоастрономы на Кубе	56
Подводный эксперимент «Черномор-69»	
П. А. Боровиков, В. П. Бровко, А. М. Подражанский, Г. А. Стефанов, В. С. Ястребов — Счастливых погружений!	60
Н. А. Айбулатов, В. П. Николаев, И. М. Овчинников — «Черномор» служит океанологам	64

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

В. П. Цесевич — Наблюдайте звезды типа RR Лиры	68
А. Д. Бойко — Фотографирование Солнца комбинированной оптикой	70
В. С. Лазаревский — Планеты в ноябре — декабре 1970 года	72

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Орлов — Орбитальные станции на почтовых марках	76
--	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

А. Я. Салтыковский — «Ураганы, бури и смерчи»	78
---	----

ОТВЕЧАЕМ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	79
---	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Дальнейшие исследования реликтового излучения [9]; Снова о комете Бэннета [12]; Письма в редакцию [15]; Необычный инфракрасный источник [59]; Лед в космосе не обнаружен [59]; Когда пошлют на Луну ученых [59]; Учатся преподаватели педагогических институтов [59]; Из дневника командира экипажа «Черномор-2» [65]; Встреча с читателями [74].

На обложке: 1-я стр. — Акванавт-геолог работает на полигоне. Он замеряет высоту рифелей после очередного волнения моря (к статье Н. А. Айбулатова, В. П. Николаева, И. М. Овчинникова).

Л. М. ГИНДИЛИС
кандидат
физико-математических
наук

ВНЕЗЕМНЫЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ— ОБЪЕКТ ПОИСКОВ И ИССЛЕДОВАНИЙ

Предположение о существовании разумной жизни во Вселенной, где-либо за пределами Земли, все еще остается гипотезой, как и несколько столетий назад. Однако сейчас, впервые за все время развития науки, появились средства для проверки этой гипотезы.

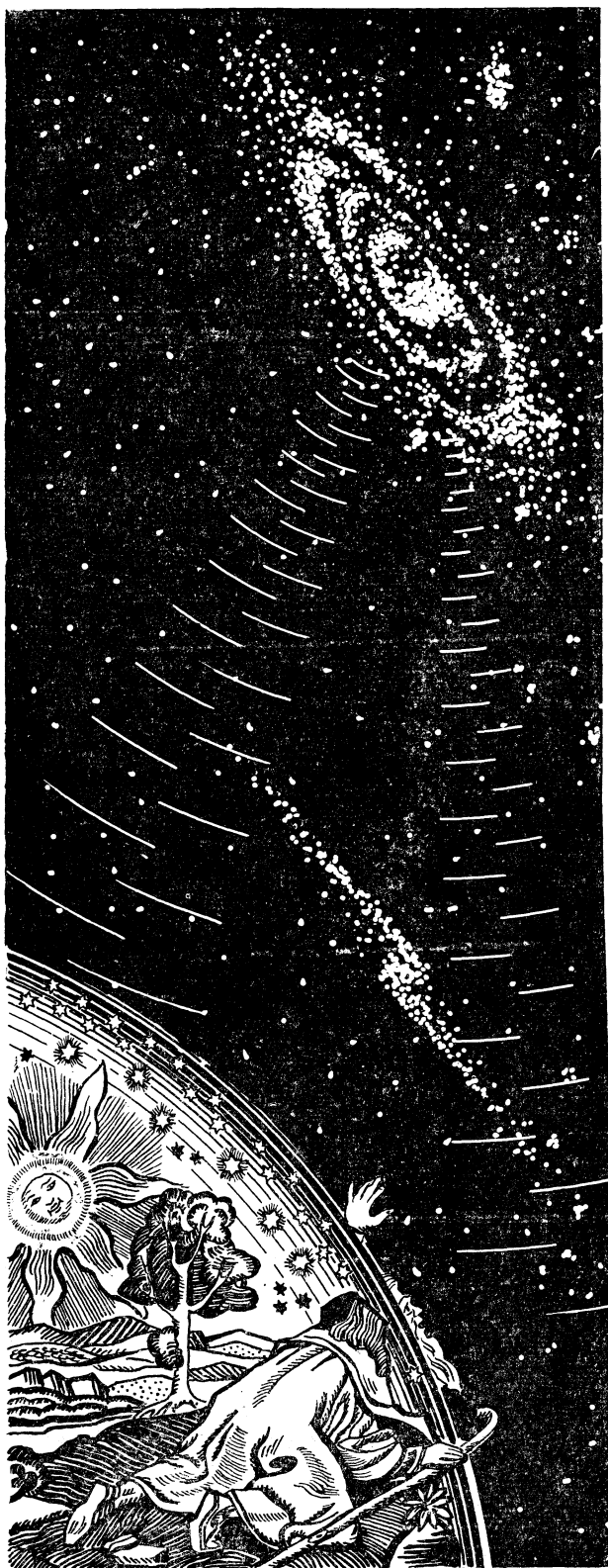
ОПТИМИСТЫ И ПЕССИМИСТЫ

Есть ли где-нибудь во Вселенной разумные обитатели иных миров? Оптимисты считают, что жизнь и разум — это обычные явления в Космосе и что существует множество обитаемых миров, с которыми человечество может попытаться вступить в контакт. Пессимисты придерживаются противоположной точки зрения, согласно которой жизнь, а тем более разум — крайне редкое, исключительное явление, а земная цивилизация, скорее всего, единственная во Вселенной.

Представление о том, что Вселенная обитаема, возникло очень давно; оно нашло отражение в древнеиндийской философии, в учениях Анаксагора, Эпикура, в произведениях Лукреция Кара. В средние века, напротив, почти безраздельно господствовала идея исключительности человеческого рода, поддержанная авторитетом церкви и опирающаяся на геоцентрическую систему мира. Крушение геоцентрической системы мира, естественно, заставило задуматься о месте человека во Вселенной. После Коперника и Джордано Бруно идея о множественности обитаемых миров быстро завоевала всеобщее признание. (Возможно, этому способствовала начавшаяся эпоха великих географических открытий. Европейская цивилизация открывала для себя новый мир — мир нашей планеты. Просвещенное человечество было уверено, что так же как на

неизвестных ранее островах и землях живут неизвестные племена людей, на других небесных телах тоже должны обитать свои племена разумных существ.) Некоторые ученые «населяли» даже Луну и Солнце, например, В. Гершель считал Солнце обитаемым. Эти представления, кажущиеся нам сегодня наивными, порождались избытком веры в множественность обитаемых миров при недостатке научных знаний. По мере накопления знаний круг «обитаемых» объектов все более сужался, а та область пространства, где можно было надеяться встретить «братьев по разуму», все более отдалялась. Весь этот сложный процесс развития оказал влияние и на современные взгляды на разумную жизнь во Вселенной.

Каковы же аргументы в пользу широкой распространенности жизни и разума во Вселенной? В общих чертах они сводятся к следующему. В настоящее время астрономическими наблюдениями охвачена область пространства радиусом несколько миллиардов световых лет, в которой находятся 10^{10} галактик или 10^{21} звезд. Все данные современной астрономии показывают, что в пределах этой области Вселенной справедливы основные законы физики, всюду наблюдается в среднем одинаковый химический состав. Наше Солнце — рядовая звезда в рядовой галактике. В последние годы получены серьезные доводы, свидетельствующие о широкой распространенности планетных систем. Со-

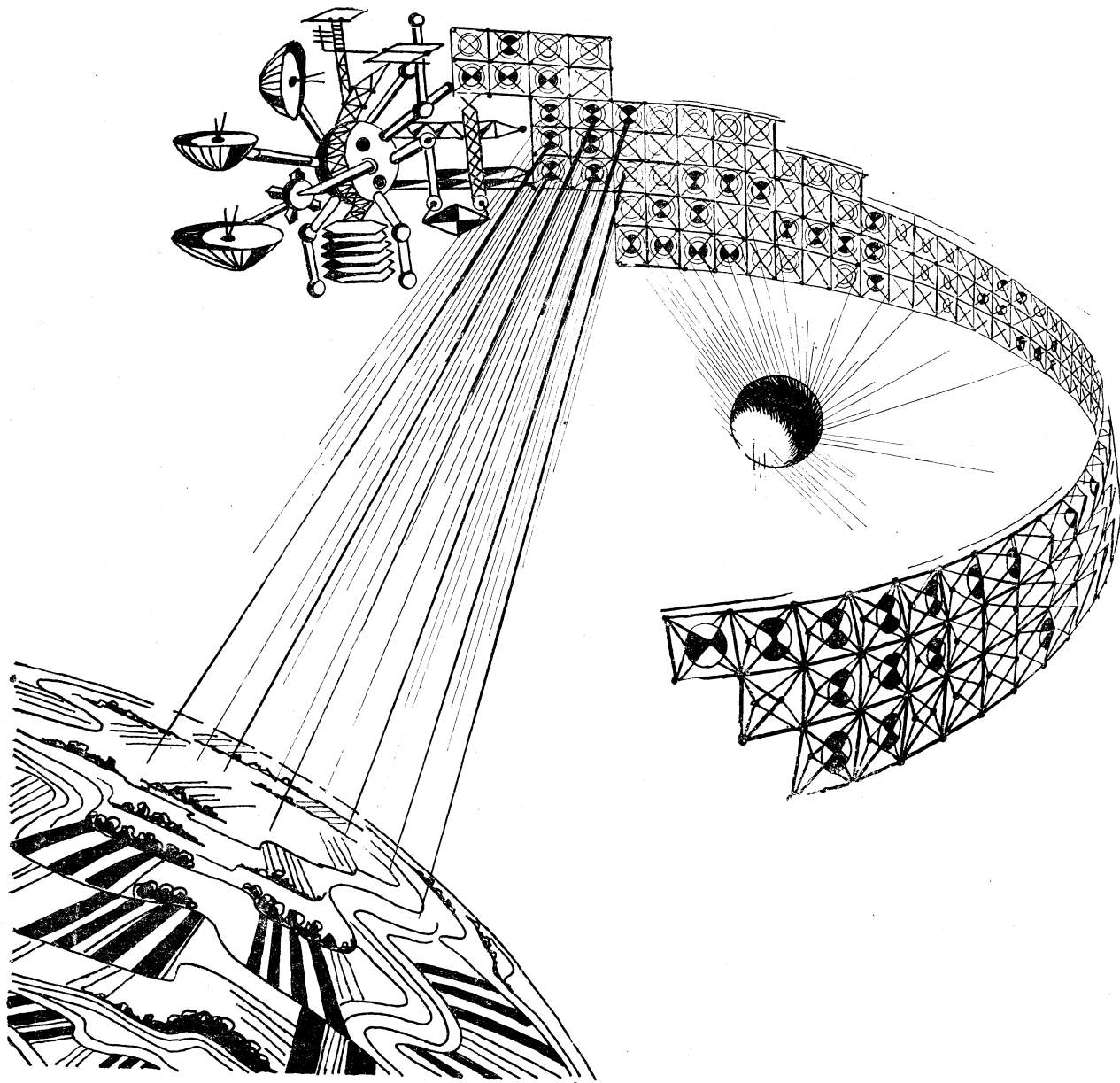


временные космогонические теории, в отличие от катастрофических концепций, господствовавших в начале нашего века (например, известной гипотезы Джинса), не противоречат этому выводу. Таким образом, не существует ни одного астрономического или физико-химического параметра, который позволил бы выделить солнечную систему среди 10^{21} звезд в доступной наблюдению области Вселенной. Было бы крайне удивительно, если бы среди этого гигантского количества звезд только около одной, ничем не примечательной звезды — нашего Солнца — могла возникнуть жизнь и развиваться разум. Рассуждая подобным образом, мы и приходим к точке зрения, согласно которой жизнь и разум — обычные явления во Вселенной. Для такой точки зрения, безусловно, имеются весьма веские основания, однако мы не можем считать ее обоснованной в той степени строгости, которая требуется при научном анализе вопроса.

Рассмотрим теперь аргументы, которые выдвигают сторонники исключительности нашей цивилизации. Некоторые авторы делают такой вывод, исходя из подсчета вероятности чисто случайного возникновения столь сложной системы, как белковая молекула или живая клетка. Учитывая колоссальную сложность подобных систем, не приходится удивляться, что вероятность их чисто случайного возникновения исчезающе мала. А отсюда делают вывод, что жизнь — крайне редкое, исключительное явление во Вселенной. Аргументы такого рода, сопровождаемые «строгими» расчетами, имеют видимость серьезного обоснования. Неудивительно, что они поражают воображение неискушенного читателя, благоговейного перед математическими выкладками. Между тем ошибочность подобной аргументации состоит в том, что такой чисто комбинаторный подход вообще не применим к процессу формирования сложной, самоорганизующейся системы. На основе простой комбинаторики исходных элементов невозможно за разумное время получить не только живую клетку, но и гораздо более простые системы, существующие в природе.

КОСМИЧЕСКОЕ ЧУДО

Для доказательства исключительности нашей цивилизации используются также аргументы, основанные на концепции так называемого «космического чуда». Под «космическим чудом» понимается наблюдаемое с помощью астрономических методов проявление деятельности разумных существ в космическом масштабе (астроинженерная деятельность). Так как уже сейчас сфера деятельности человечества не ограничивается земным шаром, а все в большей степени становится фактором космического значения, естественно поставить вопрос: не наблюдаются ли во Вселенной следы деятельности других более развитых цивилизаций, размах космиче-



ской деятельности которых превосходит наши скромные возможности? Не наблюдаются ли какие-то «чуждые» явления в Космосе, которые могут свидетельствовать о сознательной деятельности разумных существ? Отсутствие прямых следов астроинженерной деятельности, отсутствие «космического чуда» обычно интерпретируется в виде известной дилеммы:

либо время жизни цивилизаций существенно ограничено,

либо наша цивилизация единственная во Вселенной.

Многие авторы склоняются к исключительности человеческого рода, считая, видимо, предположение о

короткой шкале жизни более криминальным. Для других неприемлемы оба положения этой дилеммы и они видят выход в еще одной логически допустимой возможности, а именно: наша цивилизация не единственная, но она самая передовая, самая развитая во Вселенной. Эта точка зрения является, конечно, крайним выражением антропоцентризма.

Следует отметить, что указанная дилемма базируется на молчаливом предположении, будто развитие цивилизаций идет в направлении неограниченного количественного роста основных показателей (пространственная сфера деятельности, энергия, масса и т. д.).

С. Лем в книге «Сумма технологий» («Мир», 1969 г.) называет это предположение ортоэволюционной гипотезой (будущее понимается лишь как увеличенное настоящее). Подобное развитие цивилизаций не является, конечно, обязательным; можно полагать, что по прошествии определенного времени цивилизации приходят в характерное для сложных систем состояние гомеостатического равновесия с тонкой регуляцией процессов и поддержанием основных, жизненно важных параметров в заданных пределах. Такая возможность, по меньшей мере, не хуже трех предыдущих. Между тем при рассмотрении основной дилеммы она полностью исключается.

Наконец, некоторые авторы считают, что мы видим следы деятельности внеземных цивилизаций, но, не догадываясь об этом, приписываем наблюдаемым явлениям естественное происхождение. В этой связи они указывают на такие астрономические объекты, как квазары, источники излучения гидроксила («мистериум») и знаменитые пульсары.

Что можно сказать по поводу этой точки зрения? Среди наблюдаемых небесных явлений всегда было немало загадочных и необъяснимых. Когда астрономам удавалось объяснить одни из них естественными причинами, на смену приходили другие, еще более удивительные. И, наверно, так будет всегда. Можно ли считать загадочность небесных объектов достаточным основанием для того, чтобы подозревать их в искусственности? История науки показывает, что нельзя. В философско-методологическом плане такое предположение является нарушением известного принципа Оккама. Применительно к нашей проблеме этот принцип может быть популярно сформулирован так: **мы не можем «обвинять» источник в искусственном происхождении до тех пор, пока его «вина» не будет строго доказана.** Это — своего рода «принцип презумпции невиновности» применительно к небесным объектам. Академик Я. Б. Зельдович, касаясь проблемы пульсаров, выразил эту мысль следующим образом: «Предположение о внеземной цивилизации прежде всего приходит в голову, когда мы сталкиваемся с новым неожиданным явлением... Но уверенность в том, что мы имеем дело с цивилизацией, обладающей разумом, должна приходиться последней — только после того, как исчерпаны и отвергнуты другие объяснения». Впрочем, здесь нам приходится сталкиваться с одной очень серьезной трудностью, на которую обратил внимание В. Слыш. Дело в том, что теоретики обладают достаточной фантазией, чтобы «объяснить» любые, самые невероятные вещи (принцип изворотливости теоретиков). Можно смело утверждать, что в силу изворотливости, или, более вежливо, — изобретательности, теоретиков искусственное происхождение небесного объекта никогда не будет установлено, если его единственная «вина» состоит только в загадочности его свойств. Чтобы установить искусственный характер объекта (например, источника радиоизлучения), надо располагать надежными критериями искус-

ственности. Оказалось, что сформулировать такие критерии весьма сложно*.

Итак, обсуждение концепции «космического чуда» приводит нас к следующим альтернативным возможностям:

1. Цивилизаций много, но они недолговечны (короткая шкала жизни).
2. Наша цивилизация единственная во Вселенной.
3. Наша цивилизация самая развитая.
4. Неортоэволюционный, гомеостатический путь развития (астроинженерная деятельность или отсутствует вовсе, или носит ограниченный характер).
5. Цивилизации есть, их много, мы их видим, но не догадываемся об этом.

В рамках ортоэволюционной гипотезы (неограниченный количественный рост).

Какому из этих положений следует отдать предпочтение? Не располагая точными знаниями, мы здесь вступаем в область субъективных суждений.

ОЦЕНКИ ЧИСЛА ОБИТАЕМЫХ МИРОВ

Попытаемся оценить число цивилизаций во Вселенной. Такая оценка особенно важна для проблемы связи с внеземными цивилизациями, поскольку их число определяет среднее расстояние между цивилизациями и, следовательно, такой важный технический параметр, как дальность связи, которую необходимо обеспечить.

Обычно для оценки числа цивилизаций используется формула:

$$N_c = N_{q_1 q_2 p_1 p_2 p_3 f(\tau)},$$

где N — число звезд в некоторой области Вселенной, например, в нашей Галактике;

N_c — число цивилизаций в той же области;

q_1 — доля звезд, имеющих планетные системы;

q_2 — доля планет с подходящими для возникновения жизни условиями;

p_1 — вероятность возникновения жизни на планете с подходящими условиями;

p_2 — вероятность того, что на данной планете в процессе эволюции возникнет разум, т. е. вероятность происхождения разумной жизни;

p_3 — вероятность образования технически развитой цивилизации, владеющей, например, средствами межзвездной связи;

τ — время жизни технически развитой цивилизации. Если τ по порядку величины сравнимо с возрастом звезд T , то $f(\tau) \sim 1$; если

$$\tau \ll T, \text{ то } f(\tau) = \frac{\tau}{T} \ll 1.$$

Появление в формуле фактора $f(\tau)$ связано с тем, что нас интересуют не все цивилизации, когда-либо жившие во Вселенной или в нашей Галактике, а только те, которые существуют в настоящее время и с которыми можно установить контакт (т. е. сигналы которых в настоящий момент достигают солнечной системы).

* Подробнее см. Б. Н. Пановкин. Внеземные цивилизации и кибернетика. «Земля и Вселенная», № 6, 1969 г. (Прим. ред.)

Применение данной формулы для подсчета числа обитаемых миров означает известную дань антропоморфизму, так как при этом исключаются из рассмотрения системы типа «Черного Облака» Ф. Хойла* и тому подобные. Впрочем, на данном этапе такое ограничение, по-видимому, неизбежно, ибо иначе мы можем сойти с позиций твердо установленных фактов и знаний в лоно ничем не ограниченных спекуляций.

В настоящее время можно более или менее надежно определить только величину q_1 , основываясь на изучении скорости вращения звезд различных спектральных классов; на анализе распространенности двойных и кратных систем; на наличии невидимых спутников звезд; на представлениях звездной и планетной космогонии. Согласно этим оценкам, не менее 10%, а может быть подавляющее число звезд Галактики имеют планетные системы (см. например, И. С. Шкловский. Вселенная, жизнь, разум. «Наука», М., 1965 г.). Это положение, конечно, нельзя считать строго доказанным, тем не менее оно представляется достаточно обоснованным совокупностью многих данных. С этой оговоркой можно принять $q_1 \sim 1$.

Определение величины q_2 сопряжено уже с гораздо более серьезными трудностями. Обычно при ее оценке прежде всего исключаются горячие молодые звезды ранних спектральных классов О, В и А. Полагают, что жизнь может возникнуть и развиваться только в период стационарного излучения звезды. У звезд типа Солнца этот период составляет около 13 млрд. лет, что достаточно для зарождения и развития жизни. У звезд ранних спектральных классов период стационарного излучения порядка 10^7 лет — это, по-видимому, совершенно ничтожный для эволюции срок. (Напомним, что на Земле время эволюции органической материи от появления простейших форм жизни и до появления человека заняло около 2 млрд. лет.) Если бы у подобных массивных звезд ранних спектральных классов существовали планеты, на которых начала бы зарождаться жизнь, то она, не достигнув высокого уровня за столь короткий срок, неминуемо погибла бы в ходе дальнейших катаклизмов, претерпеваемых звездой (превращение в красного гиганта, сброс оболочки, обнажение горячего ядра с мощным ультрафиолетовым излучением). Следует добавить, что согласно современным космогоническим представлениям, звезды ранних спектральных классов, скорее всего, не имеют планетных систем.

Помимо ограничений, связанных со спектральным классом звезды, существуют ограничения для размера планетных орбит (орбита должна находиться внутри так называемой «зоны жизни», определяемой температурными условиями, при которых может активно функ-

ционировать известная нам белковая форма жизни); ограничения для радиуса и массы планеты, скорости ее вращения и т. д.

Таким образом, общая схема определения величины q_2 состоит в следующем. Мы заранее устанавливаем некоторую «норму существования» белковой жизни, а затем пытаемся провести подсчет вероятности реализации этих «нормальных» условий в других участках Вселенной. Естественно, что величина q_2 зависит от принятой «нормы существования». Иными словами, для оценки величины q_2 надо знать не только какие условия существуют на других планетах, но и какие условия необходимы для возникновения и развития жизни. А это уже относится к компетенции биологии, точнее, экзобиологии. Дальнейшее размышление приведет нас к необходимости более строго определить, что такое жизнь, в чем ее сущность и специфика. Обсуждение этой очень интересной и глубокой проблемы выходит за рамки настоящей статьи. Заметим лишь, что оценки, основанные на белковой форме жизни, дают значение величины q_2 в пределах от 10^{-6} до 10^{-2} .

Вопрос о величине p_1 — это, по существу, вопрос о том, в какой степени происхождение жизни можно считать закономерным процессом. Многие специалисты, занимающиеся изучением происхождения жизни на Земле, полагают, что хотя образованию живого из неживого сопутствовала масса случайностей, в целом этот процесс статистически закономерен. Значит, за длительный период времени жизнь неизбежно должна возникнуть на любой планете с подходящими условиями. Разумеется, характерное время возникновения жизни должно быть меньше времени существования планет. Всегда ли выполняется это условие? Как известно, на Земле оно было выполнено. Однако время химической эволюции (около 2—3 млрд. лет) сравнимо с возрастом Земли (около 5 млрд. лет) и с возрастом Метагалактики. Незначительное отличие физических условий на других планетах от земных может увеличить срок химической эволюции на 1—2 порядка. В этом случае для зарождения жизни потребуются время большее, чем возраст Вселенной! Поскольку нам ничего не известно о сроках химической эволюции на других планетах, мы не можем сказать ничего определенного и о вероятности происхождения жизни на планете с подходящими условиями. В наиболее благоприятном случае $p_1 = 1$.

Еще более трудна оценка вероятности возникновения разумной жизни. Совершенно не ясно, насколько закономерен процесс эволюции, приведший к образованию разумной жизни на Земле. Дело в том, что по мере усложнения организмов пути эволюции разветвляются и, по-видимому, только некоторые из них ведут к появлению разума. Если это так, то природе придется поставить много опытов на различных планетах, прежде чем на одной из них эволюция пойдет по пути, который увенчается появлением разумных существ. Можно указать еще на трудность, связанную с тем, что время биологической эволюции, так же как и

* В научно-фантастическом романе «Черное Облако» известный английский астрофизик Ф. Хойл изобразил внезапную цивилизацию в виде гигантского мыслящего облака (сравни «Солярис» С. Лема), которое странствует в безбрежных просторах Космоса, изредка останавливаясь около той или иной звезды для пополнения запасов энергии.

время химической, сравнимо с возрастом Вселенной. Это обстоятельство имеет большое значение для проблемы происхождения разумной жизни*. Поэтому о величине p_2 в настоящее время нельзя сказать ничего определенного. То же самое относится и к величине p_3 .

По поводу величины τ есть две противоположные точки зрения. Согласно одной из них, время жизни технически развитых цивилизаций существенно ограничено (порядка нескольких сот, нескольких тысяч или, может быть, нескольких миллионов лет), во всяком случае, оно очень мало по сравнению с космогоническим масштабом времени ($\tau \ll T$). Это — так называемая короткая шкала жизни. Согласно другой точке зрения, время жизни технически развитых цивилизаций неопределенно велико. Раз возникнув, цивилизация развивается, практически, неограниченно долго. Ее время жизни может быть соизмеримо только с возрастом Метагалактики ($\tau \sim T$). Какой из двух точек зрения следует отдать предпочтение? На мой взгляд, в настоящее время нет достаточно убедительных аргументов в пользу какой-либо из них. Поэтому можно указать только очень неопределенные пределы: $\tau = 10^2 \div 10^{10}$; $f(\tau) = 10^{-6} \div 1$.

Сопоставляя все приведенные выше оценки, мы приходим к малоутешительному выводу: при современном уровне знаний невозможно даже грубо оценить число цивилизаций во Вселенной. Вопрос по-прежнему остается открытым. Строго говоря, нельзя исключить даже такую крайнюю и весьма маловероятную ситуацию, при которой наша цивилизация оказывается единственной во Вселенной. Можно сомневаться в этом, можно верить, что это не так, но доказать, что это не так, пока невозможно.

СВЯЗЬ С ВНЕЗЕМНЫМИ ЦИВИЛИЗАЦИЯМИ

Итак, в свете данных современного естествознания предположение о существовании разумной жизни за пределами земного шара все еще остается гипотезой, в высшей степени вероятной, но все же гипотезой. Приняв ее за основу, можно попытаться установить контакт с внеземными цивилизациями. Этот путь вполне соответствует методам, принятым в науке, так как результаты поиска сигналов будут означать проверку самой гипотезы. Главное, что сейчас впервые за все время развития науки появились возможности для такой проверки.

Современные радиотехнические средства позволяют регистрировать сигналы, посланные с межзвездных расстояний. А это — принципиальное обстоятельство. Оно делает возможным постановку исследований и опытов по обнаружению сигналов внеземных цивилизаций. Такие эксперименты должны базироваться на достижениях радиоастрономии, накопившей богатый опыт обнаружения и анализа источников космического

радиоизлучения, а также на достижениях математической теории связи и других разделов кибернетики, которые дают методы для изучения общих закономерностей передачи и приема информации от внеземных цивилизаций.

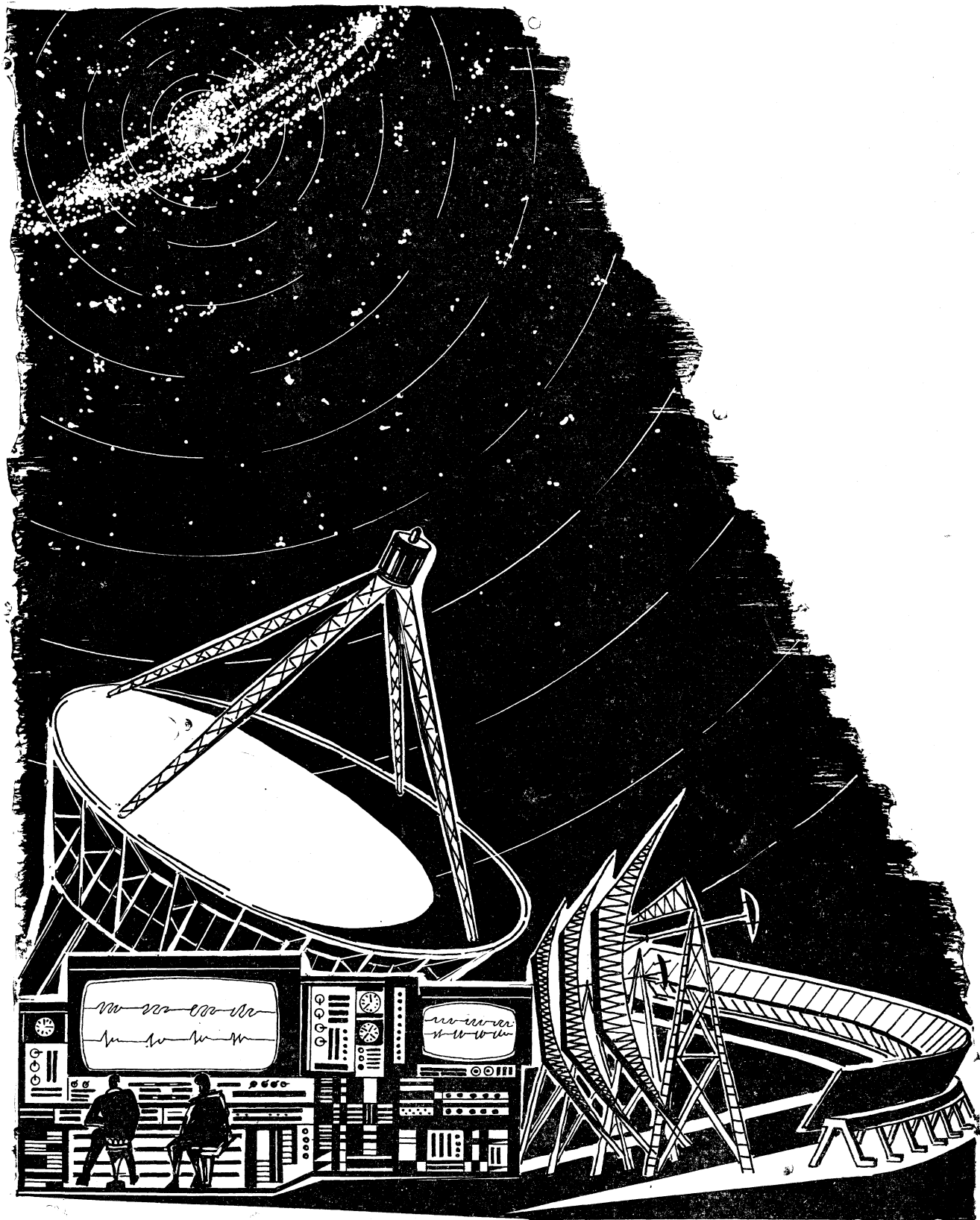
Попытаемся обрисовать круг задач, которые возникают в связи с проблемой установления контактов с внеземными цивилизациями. В рамках данной статьи мы вынуждены ограничиться простым перечнем этих задач, каждая из которых требует серьезного изучения.

Прежде всего возникает вопрос, почему, обсуждая проблему контакта с внеземными цивилизациями, мы все время подразумеваем радиосвязь с ними. Тут нет ничего удивительного. Дело в том, что единственный, практически осуществимый канал связи, о котором можно серьезно говорить в настоящее время — это связь с помощью электромагнитных волн (для рассмотрения «космической телепатии» или других экзотических типов связи сейчас нет никакой научной базы). С другой стороны, исследование условий распространения электромагнитных волн в межзвездной среде и анализ принципиально неустранимых помех показывают, что оптимальным диапазоном электромагнитных волн для связи между космическими цивилизациями является диапазон радиоволн, точнее, коротковолновый участок радиодиапазона: дециметровые, сантиметровые и миллиметровые волны. Уместно напомнить, что в сантиметровом диапазоне радиоволн (не говоря уже о миллиметровом) до сих пор не проведено ни одного полного обзора неба и нет достаточно полного каталога радиоисточников, так что мы просто не знаем, что происходит в наиболее благоприятном для связи с внеземными цивилизациями диапазоне радиоволн. Поэтому обзор неба на сантиметровых и миллиметровых волнах — одна из важнейших задач межзвездной связи. Разумеется, обзор надо выполнять на крупнейших радиотелескопах с аппаратурой максимально возможной чувствительности. Эта задача межзвездной связи совпадает с актуальными задачами радиоастрономии.

Другое направление исследований состоит в изучении параметров системы межзвездной связи. Какова должна быть мощность передатчика для надежной радиосвязи на расстояниях, определяемых масштабами Вселенной? Какова полоса частот и пропускная способность такого канала связи? Какую надежность можно обеспечить при связи с внеземными цивилизациями? — Все это поддается точному инженерному расчету. Правда, мы не знаем на какой частоте и в каком направлении следует искать сигналы от внеземной цивилизации. Поэтому при разработке конкретных систем обнаружения, рассчитанных на межзвездную дальность, следует учитывать эту неопределенность. Некоторые системы для поиска сигналов были предложены советскими и зарубежными учеными*.

* См. сб. «Внеземные цивилизации». Труды совещания, Бюракан, 20—23 мая, 1964 г. Изд-во АН Арм ССР, Ереван, 1965 г.; сб. «Межзвездная связь», «Мир», 1965 г.

* Подробнее см. А. А. Нейфах. «Природа», № 12, 1963 г., стр. 80—88.

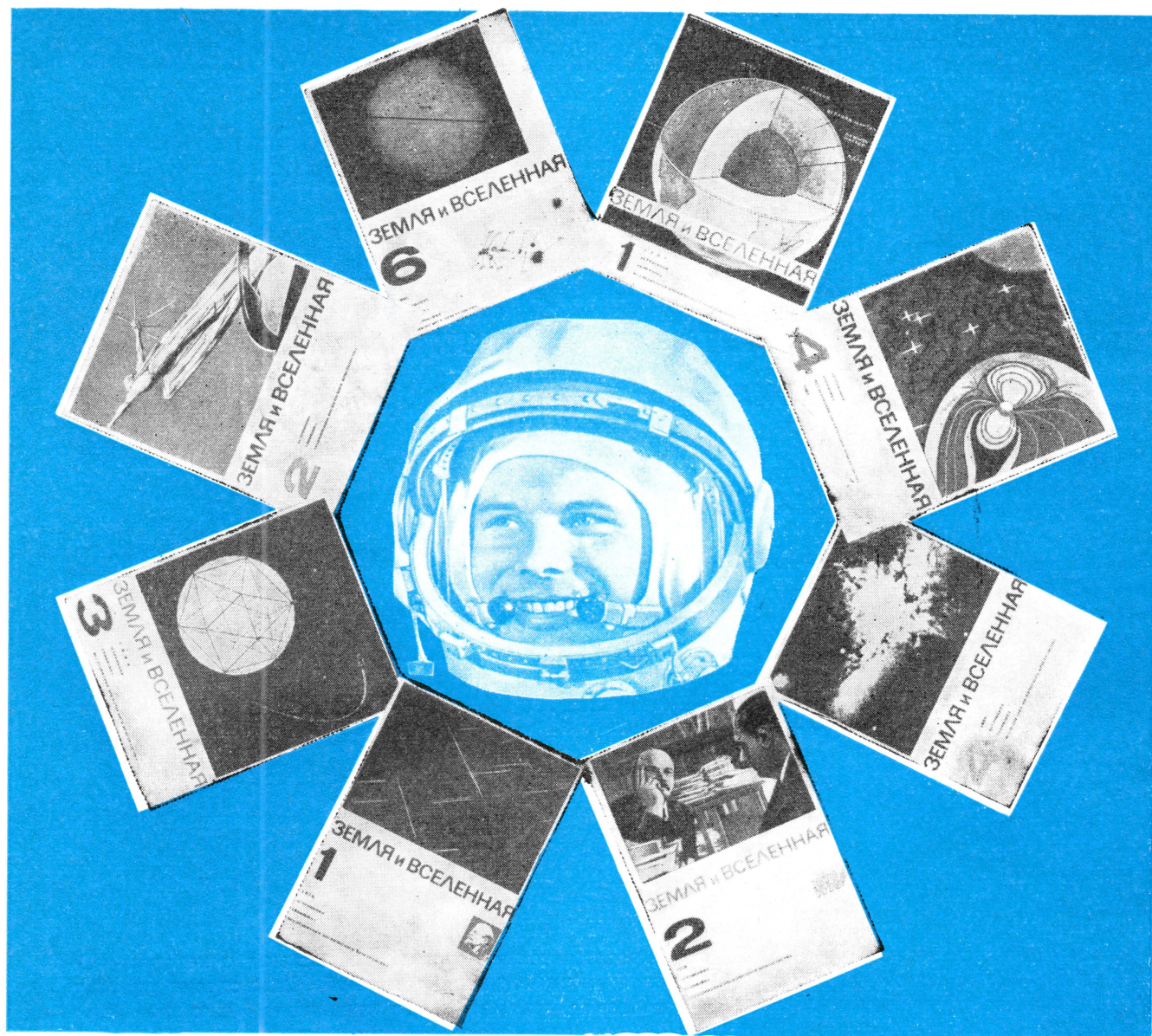


**24 сентября 1970 г. впервые
в истории освоения
космического пространства
автоматический аппарат
доставил на Землю образцы
лунного грунта.
Этот уникальный
космический эксперимент
был блестяще выполнен
в результате запуска
советской автоматической станции
«Луна-16».**

Комментируя новое достижение советской науки и техники, председатель Совета «Интеркосмос» академик БОРИС НИКОЛАЕВИЧ ПЕТРОВ сказал нашему корреспонденту:

«Автоматы, возможности которых возрастают с каждым годом,— подлинные разведчики Вселенной. Наша страна уделяет большое внимание автоматам как надежным и экономичным средствам систематического изучения небесных тел. Полет автоматической станции «Луна-16» наглядно показал, что применение автоматических аппаратов для исследования космического пространства в высшей степени перспективно. Успешно решена принципиально новая задача — автоматическая доставка лунного грунта на Землю».

Номер журнала был напечатан, когда стало известно о завершении беспримерного рейса автоматической станции «Луна-16». В следующих номерах нашего журнала будут опубликованы материалы, рассказывающие о научных итогах этого эксперимента.



Читайте

и выписывайте

в 1971 г.

наш журнал

«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Напоминаем, что наш журнал распространяется, в основном, по подписке и лишь очень ограниченно поступает в розничную продажу.

Для построения системы связи с внеземными цивилизациями весьма важно изучить влияние межзвездной среды на прохождение радиосигналов. Из-за колоссальной протяженности космических линий связи даже крайне разреженная межзвездная среда заметно поглощает радиоволны. Но это еще не все. При распространении сигналов в межзвездной среде искажается их форма (это накладывает определенные ограничения на характер самих сигналов, например, на длительность импульсов); в межзвездных магнитных полях происходит вращение плоскости поляризации радиоизлучения; рассеяние на неоднородностях среды приводит к увеличению видимых угловых размеров источников (их размытию) и к мерцанию. Все эти эффекты нуждаются в детальном изучении.

Наконец, мы должны определить характерные признаки искусственного источника. Ведь прежде чем принимать информацию от цивилизаций, нужно научиться отличать искусственный источник радиоизлучения от огромного множества естественных источников, связанных с излучением туманностей, галактик, квазаров, с остатками вспышек Сверхновых звезд и другими естественными процессами в Космосе. В настоящее время

предложено несколько радиоастрономических критериев искусственности. Однако они не являются достаточно строгими. Необходимы однозначные, математически строгие критерии, основанные, например, на анализе статистических свойств сигнала или общих теоремах теории информации и теории сложных систем. С проблемой искусственности тесно связан вопрос о предполагаемом характере «позывных сигналов».

Очень серьезные проблемы возникают в связи с изучением языка и возможностей семантического контакта с внеземными цивилизациями.

Возможность проведения конкретных исследований представляет собой важнейшую особенность современной постановки проблемы связи с внеземными цивилизациями. Именно это обстоятельство делает ее вполне назревшей, актуальной научной проблемой. Как и многие другие проблемы науки, она обращена в будущее. Никто не может поручиться, что успех будет достигнут в ближайшие годы, но никто не может и отрицать этого. И хотя мы точно не знаем, существуют ли внеземные цивилизации, это не должно нас смущать, так как у нас есть средства, с помощью которых это можно проверить. Следовательно, надо работать!



ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Около пяти лет назад американские радиофизики А. Пензиас и Р. Вилсон и астрофизики Р. Дикке, П. Пиблс, П. Ролл, Д. Вилкинсон открыли первичное, или реликтовое, излучение Вселенной. За это время было установлено, что спектр реликтового излучения в диапазоне длин волн от 40 до 0,5 см хорошо соответствует спектру излучения черного тела с температурой 2,7° К. Таким образом было получено надежное подтверждение гипотезы «горячей Вселенной»*, согласно которой на ранних этапах развития Вселенной ее температура была очень высокой. По мере расширения Вселенной температура реликтового излучения падала и к настоящему времени достигла 2,7° К.

Однако уже в 1968 г. К. Шиванандан, Дж. Хоук и М. Харвит (США), измеряя интенсивность реликтового излучения в диапазоне 0,13—0,04 см, получили значение температуры не

2,7°, как ожидалось, а 8,3° К. Наблюдения проводились с помощью охлаждаемого жидким гелием телескопа, поднятого ракетой «Аэробы» на высоту около 170 км.

Результат был столь неожиданным, что лишь немногие теоретики рискнули предлагать какие-то гипотезы для его объяснения. Так, Роберт Вагонер (США) предположил, что излучение с длиной волны короче 0,2 см не имеет космологической природы, а возникает в нашей Галактике или даже в солнечной системе. Другие ученые пытались объяснить высокую температуру реликтового излучения в диапазоне 0,13—0,04 см мощным инфракрасным излучением отдельных метagalктических объектов. Большинство же астрофизиков с нетерпением ожидали, когда другие исследователи подтвердят высокую температуру реликтового излучения в этой же области спектра. И такие измерения выполнили Д. Мюлнер и Р. Вейс (США).

В сентябре 1969 г. аэростат поднял на высоту 40 км охлажденный жидким гелием приемник. Чтобы избавиться от влияния паров воды, окружающего аэростат, приемник подвесили на 600-метровом тросе. Наблюдения велись в течение семи часов в трех диапазонах длин волн. После учета многочисленных поправок на излучение земной атмосферы и самой аппаратуры было установлено,

что в диапазоне длин волн короче 0,1 см температура реликтового излучения равна 3°, 6, в диапазоне короче 0,08 см — 7°, короче 0,05 см — 5,5° К.

Хотя результаты наблюдений не совсем надежны, а провести несколько полетов пока не удалось, американские исследователи утверждают, что в диапазоне длин волн короче 0,3 см температура излучения определена выше 3° К. По их мнению, в этом диапазоне на реликтовое излучение накладывается какое-то излучение типа «узкой линии» с максимумом около 0,07—0,08 см. Природа «узкой линии» излучения пока не известна. Не исключено, что это — совокупность линий излучения какой-то молекулы. Так, например, молекулы угарного газа и воды в диапазоне длин волн короче 0,03 см имеют много линий излучения.

Как это часто бывает в науке, факты, не укладывающиеся в главную закономерность, становятся решающими при изучении явления. Поэтому открытие аномалий в спектре реликтового излучения, без сомнения, послужит мощным стимулом для дальнейших исследований. Можно надеяться, что ученые узнают еще немало интересного об этом удивительном явлении природы, связывающем нас с далеким прошлым Вселенной.

Б. В. КОМБЕРГ

* Подробнее см. Я. Б. Зельдович и Г. Горюнов. «Вселенная», № 3, 1969 г. (Прим. ред.)

Б. В. КОМБЕРГ

Загадка инфракрасного излучения ядер галактик

Ядра галактик и квазары излучают колоссальную энергию в инфракрасном диапазоне спектра. Каков механизм этого излучения!

Более десяти лет назад академик В. А. Амбарцумян указал на исключительную роль ядер в эволюции галактик. С тех пор астрофизики не раз убеждались в плодотворности этой точки зрения.

Катастрофические изменения структуры ядер приводят к чудовищным «взрывам». Эти грандиозные процессы длятся миллионы лет, в течение которых выделяется энергия порядка 10^{54} — 10^{60} эрг (Солнце за то же время излучило бы всего лишь 10^{17} эрг). Кинетической энергии таких взрывов достаточно, чтобы разбросать газовые массы в несколько миллионов солнечных на десятки килопарсек, при этом скорость газовых потоков достигает нескольких тысяч километров в секунду. Подобные взрывы наблюдаются, например, в ядрах галактик М 82, Персея А, Девы А.

Изучая спектры, мы можем судить о процессах, протекающих в ядрах галактик. Спектр нетеплового излучения ядер галактик простирается от радио- до оптического, а может быть, и до рентгеновского диапазона. Излучение рождается, по-видимому, в очень компактной области с радиусом около 1—10 пс ($3 \cdot 10^{18}$ — $3 \cdot 10^{19}$ см).

Недавно выяснилась интересная особенность излучения ядер галактик и квазаров — резкое возрастание потока излучения в инфракрасном диапазоне от 3 мм до 30 мк (напомним,



Эллиптическая галактика М 87 (радиоисточник Дева А). Из ядра этой галактики на расстояние почти 1500 пс тянется светящийся выброс, состоящий из отдельных сгустков плазмы

что 1 мк равен 10^{-4} см и длина волны в 1 мк соответствует частоте $3 \cdot 10^{14}$ гц).

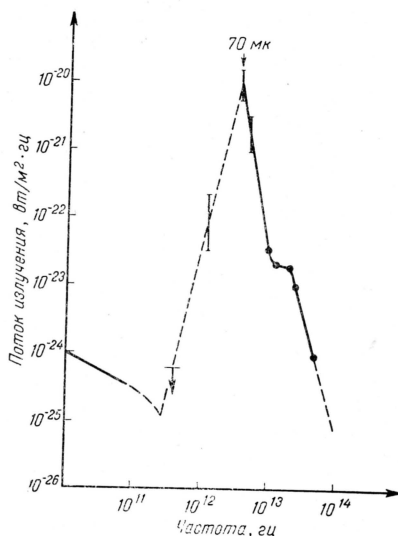
Ф. Лоу с сотрудниками (США) измерил поток излучения от ядра нашей Галактики в диапазоне от 40 до 350 мк. Наблюдения проводились с самолета, который поднял на высоту 15 км 30-сантиметровый телескоп с германиевым болометром. Поток излучения от галактического центра оказался равным $2,8 \cdot 10^{-5}$ эрг/сек·см². Если расстояние от нас до центра Галактики составляет 10 000 пс, то в наблюдаемом диапазоне такому потоку соответствует мощность излучения примерно $3 \cdot 10^{41}$ эрг/сек или светимости 100 млн. «солнц». Источник излучения, по мнению американских ученых, имеет размеры меньше 10 пс и совпадает с радиоисточником Стрелец А, отождествленным с ядром нашей Галактики.

Та же группа исследователей в течение пяти лет наблюдала на 5-метровом телескопе обсерватории Маунт Паломар ядра сейфертовских галактик и квазары в диапазоне от 1,25 до 25 мк. Наблюдения еще раз подтвердили, что сейфертовские галактики — очень яркие источники инфракрасного излучения. В диапазоне 10^{11} — 10^{12} гц мощность их излучения достигает 10^{44} — 10^{46} эрг/сек, т. е. в десятки тысяч раз превосходит мощность излучения ядра нашей Галактики.

А ближайший к нам квазар 3С 273 «побил все рекорды»: мощность его излучения, по-видимому, больше $6 \cdot 10^{48}$ эрг/сек! Следовательно, за время своей жизни (10^8 лет) квазар должен излучить 10^{62} эрг! Но тогда масса квазара должна быть не 10^7 — 10^8 , а больше 10^9 — 10^{11} солнечных. Напомним, что первая оценка массы получена академиком Я. Б. Зельдовичем и кандидатом физико-математических наук И. Д. Новиковым из предположения равенства сил давления излучения, стремящихся разорвать квазар, и сил гравитационного притяжения.

Американские ученые, кроме того, обнаружили переменность излучения в инфракрасном диапазоне у некоторых объектов, например у взрывающейся галактики М 82.

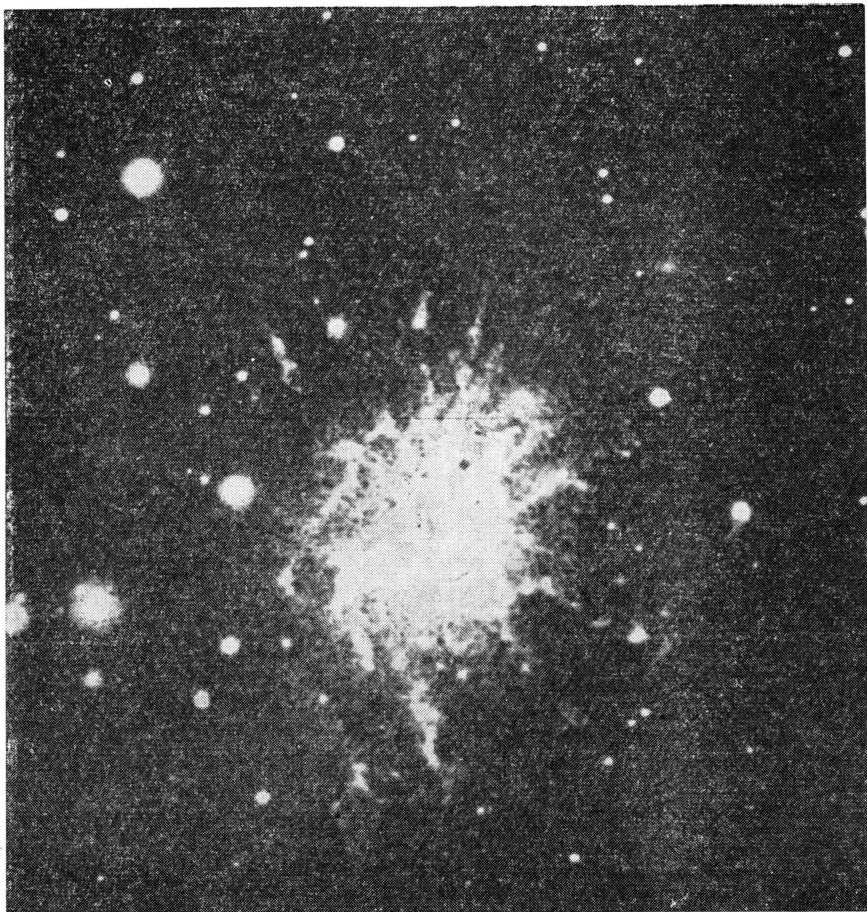
Таковы данные наблюдений. Они



породили множество вопросов. Каков механизм столь мощного инфракрасного излучения? Почему у таких разных объектов, как ядро нашей Галактики, ядра сейфертовских галактик, квазаров, максимальная энергия выделяется в одном диапазоне частот 10^{11} — 10^{12} гц? Связаны ли с инфракрасным излучением оптическое и радиоизлучение? — На эти вопросы ответа пока нет.

Лоу считает, что в инфракрасном диапазоне излучают особые источни-

Спектр ядра Галактики от радио- до инфракрасного диапазона. Максимум излучения приходится на область около 70 мк и примерно соответствует потоку 10^{-20} Вт/м²·Гц



Сейфертовская галактика NGC 1275 (радиоисточник 3С 84). Отдельные струи газа заметны на расстоянии до 50 кпс от ядра галактики. Скорость разлета газа около 1000 км/сек

ки, названные им и р т р о н а м и (в переводе с английского — источники инфракрасного излучения). Иртрон — это некое единое образование размером около 10^{13} см (такого же порядка поперечник земной орбиты), состоящее из тяжелых частиц, релятивистских электронов и магнитных полей, напряженностью до 100 гс. Давление релятивистских частиц и магнитного поля уравнивается гравитационным притяжением между тяжелыми частицами. Столкновения протонов и антипротонов могут порождать большое количество релятивистских иртронов с энергиями около 100 Мэв.

Эти электроны, вращаясь в магнитном поле, и обеспечивают излучение в диапазоне 10^{11} — 10^{13} гц. Мощность излучения каждого такого иртрона в течение всей его жизни (несколько часов) составляет почти 10^{38} эрг/сек. По мнению Лоу, тысячи таких иртронов достаточно, чтобы получить мощное излучение ядра Галактики. Время от времени иртроны выбрасываются из ядра, создавая переменность излучения.

Независимо от Лоу, похожую точку зрения высказал член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский. Только его «источники инфракрасного излу-

чения» — более мощные, и потому гораздо меньше источников требуется, чтобы обеспечить излучение ядра Галактики. Выброс иртронов из ядра, как считает И. С. Шкловский, сходен с явлениями вспышек на Солнце.

До сих пор феномен инфракрасного излучения ядер галактик пытались объяснить синхротронным механизмом. Не исключено, однако, что новые наблюдательные факты заставят пересмотреть природу механизмов излучения, а это в свою очередь, вероятно, поможет глубже понять природу ядер галактик — этих загадочных «сфинксов» астрофизики XX века.



СНОВА О КОМЕТЕ БЭННЕТА

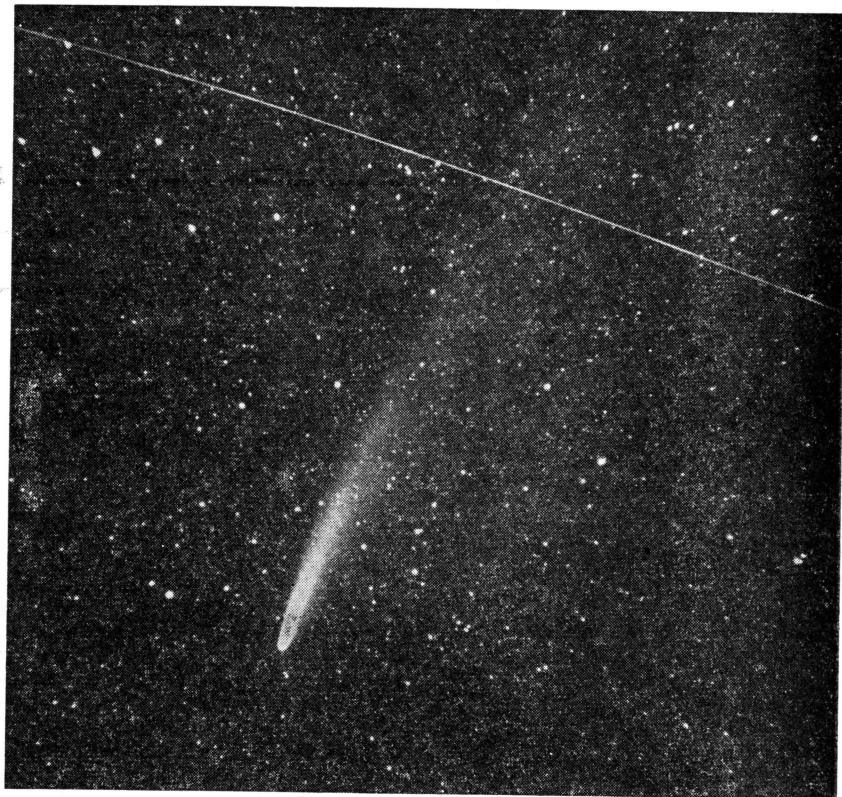
Комета Бэннета* была последней, открытой в минувшем году. Наилучшие условия ее видимости для наблюдателей северного полушария наступили в конце марта — начале апреля, когда комета двигалась через созвездия Пегаса, Ящерицы и Андромеды. Она была ярче окружающих звезд утреннего неба и привлекала всеобщее внимание. Ее незначительно изогнутый хвост красноватого оттенка прослеживался невооруженным глазом на 10° .

На фотографиях, полученных в это время, комета имела очень сложную, быстро изменяющуюся структуру. У нее было два хвоста: довольно слабый прямой (I типа), который иногда распадался на цепочку облачных образований; второй — слегка искривленный (II типа) — был значительно ярче, в нем выделялись многочисленные волнистые струи и волокна, напоминающие пряди волос. Длина обоих хвостов достигала 15° .

К концу апреля, когда комета удалилась от Солнца и Земли, ее блеск сильно ослабел, но она еще была видна невооруженным глазом в созвездии Кассиопеи, как узкая блестящая полоска длиной до 10° .

Н. С. ЧЕРНЫХ

* Мы уже рассказывали об этой комете и публиковали ее фотографии. См. «Земля и Вселенная», № 4, 1970 г., стр. 20. (Прим. ред.)



Комета Бэннета 10 апреля 1970 г. Фотография получена Н. С. Черных на светосильной камере. Вверху виден след искусственного спутника Земли

К. Л. ПРОВОРОВ
профессор



ЧТО ТАКОЕ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ?

Геодезия, как известно, — наука о землеизмерении, которая изучает размеры нашей планеты и форму ее поверхности. Точнее, геодезия занимается метрикой Земли, создавая геометрические модели Земли в целом, а также отдельных участков ее поверхности.

Так как количественные закономерности не могут быть найдены без прямых или косвенных измерений в реальном физическом пространстве, то и в геодезии при построении моделей нельзя обойтись без измерений. Следовательно, геодезия — наука о средствах и методах измерений на земной поверхности и способах их обработки.

Геодезия обеспечивает геодезическими и картографическими данными самые разнообразные отрасли науки и техники. Она возникла и развивалась в связи с потребностями различных областей человеческой деятельности и, в первую очередь, в связи с запросами строительства инженерных сооружений. С развитием этих областей и их требований к результатам измерений геодезия непрерывно совершенствовалась и к настоящему времени она превратилась

в обширную самостоятельную науку. Однако служебная роль ее от этого не только не уменьшилась, но даже возросла. В последние десятилетия это особенно отчетливо проявилось в возникновении отдельной отрасли геодезии — инженерной геодезии.

В инженерной геодезии рассматривается применение геодезии в ряде областей науки и техники, связанных с преобразованием земной поверхности и с возведением на ней инженерных сооружений. Изыскания, проектирование и строительство путей сообщения, аэродромов и других площадок, водных магистралей и тоннелей, а также самых разнообразных наземных и подземных инженерных сооружений, установка и монтаж промышленного и научного оборудования не могут выполняться без геодезических работ, так же как и последующая эксплуатация многих сооружений, и, в частности, наблюдения за их сдвигами и различными деформациями.

Таким образом, если геодезия изучает общие принципы измерений на местности и их обработку, используя их для государственных топографо-геодезических работ, то инженерная геодезия изучает применение этих методов в ряде специальных областей человеческой деятельности.

Инженерно-геодезические работы во многих случаях характеризуются чрезвычайно высокой точностью. Достаточно сказать, что ошибки планового положения точек при строительстве и, особенно, при контроле устойчивости некоторых сооружений должны быть меньше 1 мм, ошибки створных наблюдений — в пределах 0,1 мм, а ошибки по высоте — в пределах 0,1 мм, тогда как для основных геодезических работ ошибки положения пунктов в плане, в лучшем случае, определяются сантиметрами, а по высоте — миллиметрами.

На характер, методы и точность инженерно-геодезических работ в большой степени влияют технический уровень строительства, виды строительных материалов, насыщенность механизмами, сроки строительства, условия последующей работы сооружения, физико-географические условия работ и, наконец, технология и методы строительства.

КАКИМ ДОЛЖЕН БЫТЬ ИНЖЕНЕР-ГЕОДЕЗИСТ

Инженер-геодезист проводит специальные геодезические работы в процессе изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации про-

мысленных, гражданских и других инженерных сооружений. Для успешного выполнения своих обязанностей он должен в совершенстве владеть современной геодезической техникой и хорошо разбираться в строительной технологии.

Основная задача инженера-геодезиста в крупном строительстве — это организация и исполнение геодезических работ на всех участках строительства. Решая специальные задачи, инженер-геодезист во многих случаях не имеет заранее разработанных инструкций, он составляет технологию и допуски самостоятельно. Поэтому при подготовке специалистов большое внимание должно уделяться именно теории и методам самостоятельного расчета. Пожалуй, инженер-геодезист должен быть более квалифицирован, чем специалисты любого другого геодезического профиля, которые работают в больших организованных геодезических коллективах и, как правило, выполняют работы по заранее составленным инструкциям, наставлениям и техническим предписаниям и, кроме того, обеспечиваются в процессе работ постоянным техническим руководством и контролем. Работа инженера-геодезиста часто контролируется лишь последующими стадиями строительных работ и в процессе эксплуатации сооружений. Поэтому она требует особой ответственности и предусмотрительности.

Громадные объемы и быстрый темп строительства в народном хозяйстве нашей страны обязывают инженера-геодезиста иметь хорошую теоретическую подготовку, следить за процессом геодезической техники и совершенствовать ее.

Инженер-геодезист должен выполнять работы на уровне требований, обеспечивающих возможность последующего использования результатов его работы в общегосударственных целях, т. е. для общего картографирования и составления каталогов геодезических пунктов.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

В Советском Союзе инженеров-геодезистов готовят в двух специализированных геодезических вузах — московском и новосибирском — и в семи высших учебных заведениях других профилей. К 1968 г. ежегодный выпуск инженеров на дневных отделениях составил 250 человек, на вечерних и заочных отделениях — 150. Техников (по специальности «инженерная геодезия») до сих пор выпускалось крайне мало — 100 человек. Нужно иметь в виду, что в инженерной геодезии успешно работают также инженеры и техники дру-

гих геодезических профилей. Однако, даже с учетом этого, в народном хозяйстве до сих пор потребность в геодезистах удовлетворяется меньше чем наполовину.

Теоретическая и практическая подготовка инженеров-геодезистов достаточно высока, и по окончании института они обладают хорошими специальными знаниями. В учебном плане много часов отводится изучению радиоэлектронных методов измерения расстояний. Достаточно подробно изучаются вопросы математической обработки результатов геодезических измерений: вычислительная математика, электронные вычислительные машины и программирование, теория ошибок и математическая статистика. Предусматривается время для изучения основ строительства инженерных сооружений и их проектирования, а также основ экономических и технических изысканий. И все-таки знания инженеров в области строительства и других отраслей, в которых им приходится работать, далеко недостаточны, кроме того, практическая подготовка специалистов в производственных условиях во многих случаях неудовлетворительна. Часто, не имея квалифицированного руководства, практиканты не получают необходимых навыков по технике и организации работ. Поэтому одной из серьезных научно-методических задач является разработка программы и методов подготовки инженеров-геодезистов в вузе и на производстве.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

Этой работой в Советском Союзе в настоящее время занимаются около 400 геодезических кафедр вузов и ряд геодезических отделов и лабораторий различных научно-исследовательских институтов. Однако работа координируется и обобщается недостаточно, отсутствует систематическая публикация теории и практики инженерно-геодезических работ. В значительной степени это связано с тем, что до сих пор у нас нет специального органа печати. Назрела необходимость в издании журнала по инженерной геодезии. В крайнем случае, в одном из существующих геодезических журналов следовало бы выделить специальный раздел «инженерная геодезия».

Благодаря усилиям геодезической общественности и, в частности ВАГО, в 1969 г. был создан Научно-исследовательский институт прикладной геодезии в Новосибирске. Создание этого института — большое событие для инженерной геодезии нашей страны. В настоящее время институт уже

функционирует. Очень важно, чтобы различные геодезические организации и отдельные геодезисты в ближайшее время приступили к совместной работе с институтом.

Актуальным является обобщение передового отечественного и зарубежного опыта и внедрение в практику современных методов, а также разработка и издание рекомендаций и пособий. Теперь, когда создан новый институт, инженеры-геодезисты и геодезические службы могут получать квалифицированные консультации по различным научным и практическим вопросам.

НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Как и в любой другой отрасли, прогресс инженерно-геодезических работ определяется, главным образом, высоким уровнем технических средств, точностью приборов и инструментов для измерения и контроля. Поэтому совершенствованию существующих новейших инструментов, а также конструированию и изготовлению новых специальных приборов должно уделяться самое большое внимание. Предпочтение следует отдавать приборам и методам, обеспечивающим при заданной точности наибольшую автоматизацию измерений и надежность в работе.

В настоящее время в большинстве случаев применяют теодолиты, нивелиры, дальнометры и другие общегеодезические приборы. Электронные дальнометры, лазерные интерферометры, гидроэлектрические нивелиры, саморегистрирующие приборы для наблюдения за деформациями, приборы наземной и воздушной съемки, приборы для аэрорадионивелирования и другие новые средства сейчас редко применяются, так как их недостаточно. Следовало бы создать большое производственное предприятие, предназначенное для конструирования и изготовления оптико-электронных и оптико-механических приборов для инженерно-геодезических работ.

Важной многоплановой проблемой инженерной геодезии является разработка общих методов расчета оптимальной точности геодезических работ при перенесении проектов в натуру и разработка допусков для наиболее массовых видов этих работ. Существующие допуски определяют, чаще всего, или не вполне обоснованными требованиями строительного производства, или только геодезическими возможностями в конкретной обстановке. Разработка обоснованных технических параметров геодезических работ на основе совместного учета данных геодезии и

соответствующей отрасли инженерного дела требует хорошей осведомленности в обеих областях, привлечения в геодезическую науку специалистов смежных отраслей, использования специальных математических средств.

Техника геодезических работ в процессе изыскания и проектирования сооружений до сих пор совершенствуется весьма слабо. Большой объем работ по построению геодезической основы и выполнению наземных топографических съемок и наземного трассирования и других процессов приводит к значительным затратам труда и времени на геодезические работы. Поэтому важной научной задачей является разработка проблем, относящихся к изысканиям и проектированию (методы и точность построения геодезической основы; методы расчета оптимальных масштабов топографических съемок; применение электронных вычислительных машин для расчета оптимальных параметров по профилированию площадей и линий на местности и другие).

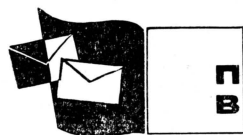
Очень важно изучение сдвигов и деформаций инженерных сооружений, динамики искусственных водохранилищ и других сооружений геодезическими методами. С возрастанием объема строительства и возведением крупных уникальных сооружений приобретают все большее народнохозяйственное значение такие исследования, как совершенствование методов геодезических наблюдений и обоснование оптимальной цикличности их повторений; методы контроля за устойчивостью механизмов в цехах крупных промышленных предприятий; методы статистической (машинной) обработки многократных наблюдений на одном или нескольких однородных объектах.

Главной проблемой научно-исследовательской работы является разработка вопросов организации инженерно-геодезической службы: структура проектных и производственных подразделений, система технического контроля и надзора за качеством работ, разработка инструкций, нормативов и наставлений, составление и

оформление исполнительных документов, наконец, вопросы финансирования и экономики инженерно-геодезических работ.

Здесь перечислены лишь некоторые, наиболее важные, с нашей точки зрения, направления научно-исследовательской работы в области инженерной геодезии. Хорошая организация научной работы, постоянная связь с производственными предприятиями, несомненно, выдвинут еще много других не менее актуальных направлений. И, конечно, пытливая научная работа в процессе научного поиска может привести к неожиданным обобщениям, совершенно новым научным задачам и проблемам.

Все это будет способствовать становлению инженерной геодезии как серьезной научно-производственной отрасли, в которой должны рассматриваться не только приемы геодезических работ в различных отраслях народного хозяйства, но и разрабатываться многие актуальные теоретические вопросы.

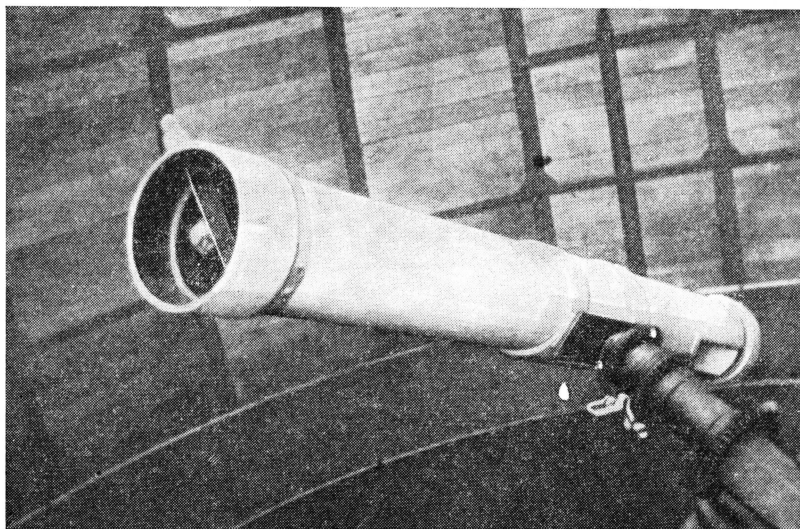


ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

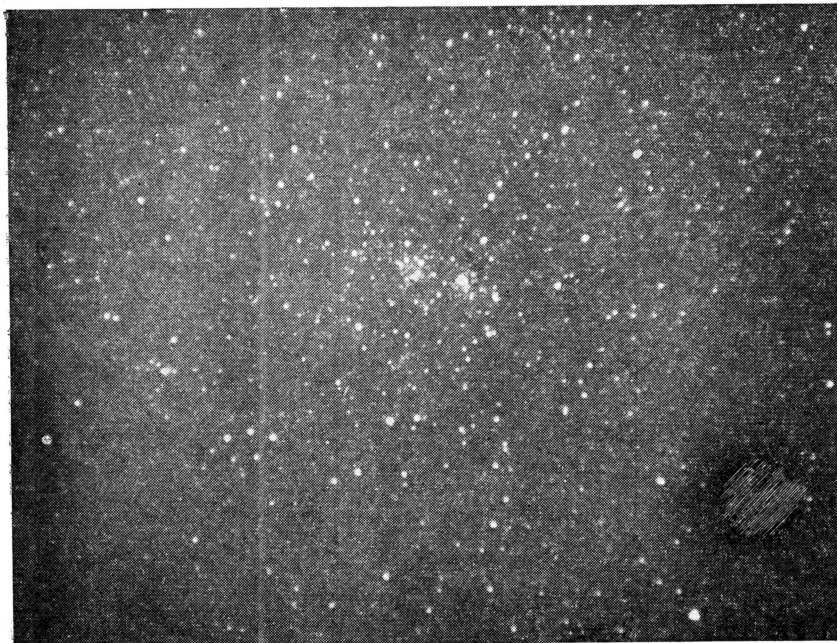
Дорогие друзья!

В 1969 г. во втором номере журнала «Земля и Вселенная» редакция обратилась к любителям астрономии с просьбой сообщать о своей работе. Вероятно, эта просьба относится не только к советским читателям. Мы, члены Астрономической обсерватории Академического астрономо-астронавтического клуба в Сараево (Югославия) тоже регулярно читаем ваш журнал.

На нашей обсерватории установлен самодельный телескоп-рефлектор диаметром 17,5 см и школьный рефлектор с диаметром объектива 8 см, изготовленный в Советском Союзе. С этим телескопом мы фотографируем различные небесные тела и явления.



Самодельный телескоп-рефлектор диаметром 17,5 см



Звездное скопление χ и η Персея. Фотография получена 25 мая 1969 г.



Планета Венера. Снимок сделан 10 февраля 1969 г.

Мы достигли хороших результатов в фотографировании Луны, Солнца и Венеры. Для фотографирования этих небесных тел мы используем зеркальный фотоаппарат «Зенит-3М», из которого удален объектив, и вместо него поставлена трубка, укрепляющая аппарат на окулярной части телескопа.

Недавно мы начали снимать звезды, звездные скопления и туманности. Поскольку ни на одном из наших телескопов нет часового механизма, гидировать приходится вручную, ис-

пользуя микрометрический ключ по прямому восхождению. Там, где у телескопа находится противовес, установлен параллельно главному небольшой телескоп, на котором укреплен зеркальный аппарат «Зенит-3М». Выбранный объект мы ловим на кресты в поле зрения большого телескопа. Тщательное гидирование позволяет получать неплохие снимки.

Несколько лет назад финский академик И. Вайсала посетил нашу обсерваторию и подарил телескоп-рефлектор диаметром 30 см с фокусным расстоянием 2,05 м. Установить этот телескоп мы собираемся на Требевице — плоскогорье, расположенном на некотором расстоянии от нашего города. Когда телескоп будет смонтирован, он станет одним из крупнейших на Балканах. Кроме того, обсерватория скоро приобретет телескоп-рефрактор Цейсса диаметром 150 мм с фокусным расстоянием 2250 мм.

Посылаем Вам несколько фотографий, полученных нами. Мы хотели бы переписываться с юными любителями астрономии из Советского Союза.

Адрес нашего клуба: Югославия, Сараево, ул. Тито, 44. Академический астрономо-астронавтический клуб (ААА-клуб).

Адрес обсерватории: Сараево, Мехмед-Паше Соколовича, 2. Астрономическая обсерватория ААА-клуба.

Пишите нам, дорогие советские друзья!

Мухамед МУМИНОВИЧ
Милорад СТУПАР
Милош МИХАЙЛОВИЧ

Уважаемые читатели!

В изданиях ВИНТИ — Реферативном журнале, Экспресс-информации, сборниках «Итоги науки и техники», Сигнальной информации и других — помещаются рефераты, аннотации, обзоры, библиографические и патентные описания, охватывающие мировую литературу по естественным и техническим наукам, издающуюся в 117 странах мира на 65 языках.

ЧИТАЙТЕ, ВЫПИСЫВАЙТЕ, ИСПОЛЬЗУЙТЕ!

Реферативные журналы: «Астрономия», «Исследование космического пространства», «Геодезия и аэросъемка», «Геофизика».

Индексы «Союзпечати» соответственно: 71762-71765; 71824-71827; 71796-71799; 71392-71395.

Заказы можно посылать по адресу: г. Люберцы — 10, Московская обл., Октябрьский проспект, 403, Производственно-издательский комбинат ВИНТИ, Отдел распространения. Тел. 171-90-10 доб. 26-29.

Океан в движении

Вот море просыпается мечась,
Из гневной глубины рождаются потоки.
Руль мною избранный, что значит он сейчас!
Что мачта стройная! Что мой корабль широкий!
(Д. Гофштейн «Среди валунов»)

ВСЕМИРНЫЙ ДЕМПФЕР

Неповторимый облик нашей планеты создается процессами, происходящими в трех подвижных оболочках Земли — атмосфере, гидросфере и биосфере. Сложными путями энергия Солнца передается этим средам, и одно из наиболее важных звеньев в цепи ее превращений проходит через единую водную систему на земной поверхности — Мировой океан. Океан нетерпим к любым возмущениям — и большим, и малым. Его немедленная реакция — погасить их с помощью «внутренних» движений. Могучие ветры угасают на океанских просторах, увязнув в штормовых волнах. Излишнее тепло атмосферы «растворяется» избыточным испарением и перемешиванием вод в океане. Даже страшные одиночные волны — цунами, возникающие в результате подводных толчков, сравнительно быстро гасятся внутренним трением.

Особенно отчетливо «успокоительная» функция океана проявляется в круговороте тепла на земном шаре. Обладая громадной теплоемкостью, океан нагревается намного медленнее суши, но способен удерживать тепло длительное время и отдавать его постепенно. В районах, куда простирается влажное дыхание океана, климат мягок и приятен. Примерно такое же успокаивающее влияние, но в несколько иной форме, оказывает

океан на круговорот воды в природе. Благодаря испарению с водной поверхности в низких и умеренных широтах в атмосфере создается избыток влаги, за счет которого пополняются водой реки, озера, ледники.

Мировой океан выступает как инерционная среда при воздействии на основной процесс биосферы — процесс образования новых видов растений и животных. Океан снисходителен к своим обитателям: однородные условия в океанской толще и низкие температуры не способствуют их отбору и эволюции, сохраняя живые реликты. Очевидно поэтому в нем насчитывают только 20% всех видов животных и растений.

Но океан не мог бы выступить всемирным демпфером, не обладай он одним из наиболее важных движений на Земле — океанскими течениями.

НЕЗРИМОЕ ВЕЛИЧИЕ

Океанские течения — поистине грандиозное явление природы. Огромные массы воды постоянно переносятся на многие тысячи километров. Но это не упрямое постоянство речных потоков: океанские течения могут расширяться и ослабевать, менять «русло» и поворачивать вспять. Подобно водяной отопительной системе, теплые течения в западных частях океанов направляются к полюсам, обогревая высокие широты

Земли, а на востоке возвращаются к экватору охлажденными. Сколько водных масс занято в этом движении? Один только Гольфстрим переносит в 50—70 раз больше воды, чем все реки Земли. Океанские течения медленны и глубоки. Их нельзя рассмотреть, а можно только представить.

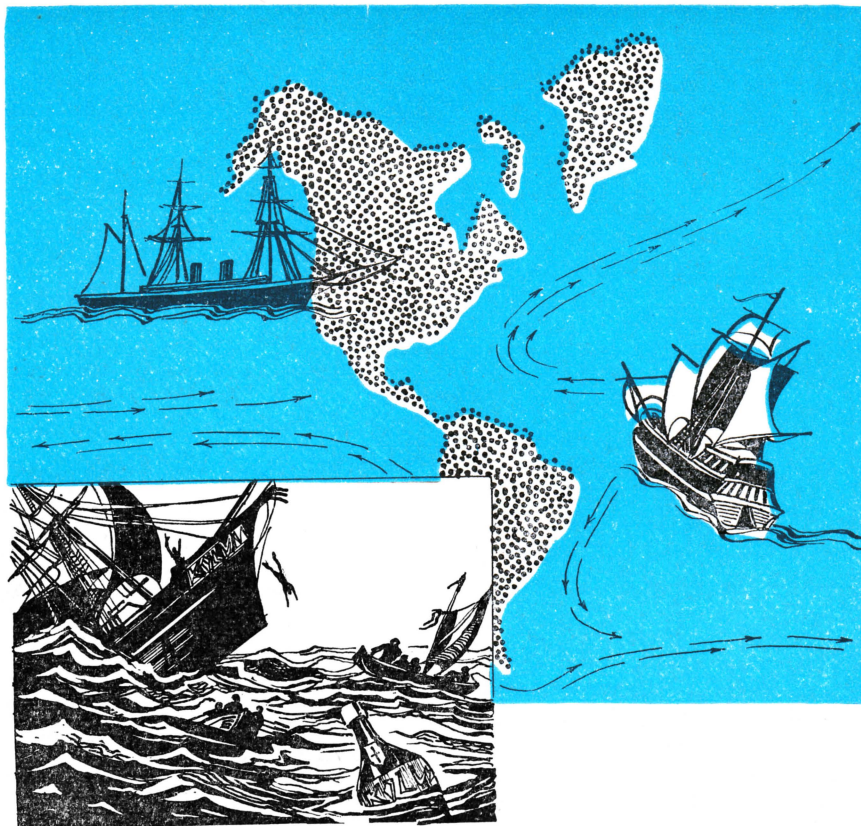
Когда-нибудь наблюдатель из Космоса «увидит» океанские течения на экране радиационного регистратора температуры. Тогда он, наверно, сравнит схему океанских течений с кровеносной системой гигантского живого существа. (Вспомните «Солярис» С. Лема: в глубинах космоса люди открыли планету Солярис, единственным обитателем которой оказался «мыслящий» океан.)

О движении вод океана мы знаем ничтожно мало по сравнению с информацией о движениях в атмосфере. Легко понять причины отставания океанологии от метеорологии.

Движения в атмосфере мы изучаем со дна прозрачного воздушного океана, находясь на твердой почве. Любой поплавок (шар-пилот, радиозонд, метеозмей) можно увидеть на большом расстоянии в современном теодолите, а когда объект исчезает из поля зрения, мы слышим его радиосигналы. Океанские движения приходится исследовать с качающихся (даже на якорь!) подвижных платформ в местах трудных и неудобных для наблюдений. Морская среда непроз-

рачна, и поэтому визуальные наблюдения за глубинными поплачками исключены. Значительная электропроводность морской воды мешает наблюдениям с электроконтактными приборами. Даже звук, распространяясь в воде с большой скоростью, не может заменить световой и радиосигналы: его лучи искривляются из-за переслоенности морской воды. Вот почему мы так мало знаем о глубинных течениях.

Дальнейшее практическое использование океана немислимо без прогресса измерительной техники. В идеале сведения о течениях океана должны регистрироваться на многих глубинах сетью автономных буйковых станций и передаваться в эфир для обработки на счетно-решающих устройствах. Однако никакая совершенная служба наблюдений не выявит причин течений. Здесь на первый план выступает теоретическое изучение динамики океанских течений. Только выяснив природу явлений в океане, их причинность и механизм взаимодействия с внешними и внутренними движущими факторами, можно научиться прогнозировать сами явления. В этом сила теории.



МОДЕЛЬ БЕЗ МАТЕРИАЛА

Изучать естественные процессы можно не только с помощью экспериментальной модели (или установки). Теоретики часто строят модель процесса мысленно, а управляющие им законы записывают в виде уравнений. Океанские течения подчиняются законам гидродинамики. Некоторые гидродинамические модели позволяют исследователю широко варьировать размерами океана, даже считать его безбрежным и бездонным.

Какой быть гидродинамической модели — простой или сложной, зависит от поставленной задачи. Обычно не известны два поля: поле скорости течения и поле плотности воды, а также уровень океана. (Напомним, что полем скалярной или векторной величины называются меняющиеся во времени пространственное распределение этой величины относительно некоторой системы отсчета. Если по-

ле стационарное, то оно уже не зависит от времени, меняясь лишь в пространстве.) Для определения указанных полей по известным внешним факторам (ветру, потокам тепла и т. д.) составляют столько уравнений, сколько неизвестных в задаче. Все уравнения гидродинамики основываются на общих законах физики: законе сохранения количества движения, законе сохранения массы и других. Полученные в дифференциальной форме, эти уравнения требуют задания граничных условий на краях изучаемой области океана. Некоторые граничные условия следуют из очевидных истин, например: вода не протекает сквозь грунт. Другие не в полной мере отвечают действительности и принимаются для удобства расчета, например: течение на дне исчезает.

«Записав» процесс движения в виде уравнений и граничных условий,

мы сводим гидродинамическую задачу к математической. Если модель движения не противоречит законам физики, задача, казалось бы, принципиально решается. Однако именно математические трудности, связанные с интегрированием сложных дифференциальных уравнений, стали препятствием на пути теории течений. После того как океанологи пошли на некоторый компромисс с физикой явления, им удалось получить решение задач теории океанической циркуляции лишь для бассейнов (круглых, прямоугольных, треугольных), очень далеких по форме от реальных океанов. Причем распределение ветра над океаном исследователь тоже старается подчинить самым простым законам.

Быстродействующая вычислительная техника позволяет уже теперь решать задачи динамики вод с учетом реальных очертаний рельефа



Бутылочная почта. Древнейший, но не исчерпавший себя метод изучения течений

дна и конфигурации берегов. Но наука о течениях сумеет «дорастить» до прогноза, если нам удастся существенно улучшить модель движений океанических вод. Современные знания о передаче энергии в глубь океана явно недостаточны для построения такой модели, а обогатить эти знания нельзя без прогресса измерительной техники. Этот круг, по-видимому, не успеет замкнуться: новые корабли, подводные аппараты и приборы доставят сведения, которые превратят теоретические схемы в методы прогноза.

ТЕПЛО ИЛИ ВЕТЕР?

Громадны океанские круговороты размерами с половину океана! Со школьной скамьи мы знаем, что движения в атмосфере порождены разницей температур различных участ-

ков планеты. Казалось бы, и океанскую циркуляцию можно объяснить этой же причиной. Но, в отличие от атмосферы, океан прогревается сверху и не очень глубоко. Да и может ли такое тепло возбудить столь большие движения? Над океаном действует и другая сила — ветер. Но как глубоко проникает энергия ветра? Может ли ветер, обычно не очень стабильный, возбудить известные нам течения?

Вопрос о том, какая из описанных причин преобладает, долго был предметом дискуссии в океанологии. Чтобы дать обоснованный ответ, необходимо рассмотреть механизм воздействия внешних факторов на океан и процессы в нем возникающие. Но прежде нам придется сказать несколько слов о градиентах, т. е. в векторах, характеризующих скорость и направле-

ние наиболее быстрого изменения величины. Зная градиенты исследуемого поля, мы можем судить о том, как далее пойдет процесс его развития и какие существуют тенденции или силы, стремящиеся ликвидировать возникшее неоднородное распределение величины.

В дальнейшем нас больше всего будет интересовать градиент давления. Природа этого градиента и его воздействие на динамические процессы различны в разных направлениях. По вертикали градиент давления направлен вверх и уравнивает силу тяжести. Такое статическое равновесие соблюдается строго только в покоящемся океане. Расчеты показали, что все другие вертикальные компоненты сил, возникающие в движущейся среде, оказываются несоизмеримо малыми по сравнению с силой тяжести. Вот почему вертикальные ускорения и скорости в открытом океане очень малы. Лишь в проливах, заливах, фиордах и эстуариях инерционные силы, сопутствующие приливным волнам или цунами, могут нарушить статическое равновесие и образовать вертикальные потоки, способные унести вглубь все плавающее. (О страшных потоках знали еще древние греки. Вспомним гомеровских Сциллу и Харибду, топивших корабли.)

Если по вертикали градиент давления существенно уравнивается силой тяжести и в образовании движений принять участия не может, то в горизонтальных плоскостях у него «развязаны руки»: сила тяжести здесь не действует. Горизонтальный градиент давления возникает при неоднородном распределении плотности по горизонтали. Различные участки океанагреваются неодинаково; очень неравномерно распределяются осадки, испарение, сток рек, зоны образования и таяния льда. Вот за счет чего (не без помощи ветра) температура и соленость, и как следствие — плотность воды изменяются, а уровень океана отклоняется от положения покоя. Таким образом, два одинаковых столба воды над одной и той же горизонтальной площадкой, имея разный вес, оказывают на нее разное давление. Эти различия стре-



мится уничтожить горизонтальный градиент давления.

Если неодинаковые уклоны уровня и неравномерность плотности в океане поддерживаются стационарными процессами, то градиент давления должен уравниваться столь же стабильными силами, иначе движение воды будет все время ускоряться. Так действовать могут сила Кориолиса и внутреннее трение. Как будет видно из дальнейшего, внутреннее трение существенно лишь в некоторых слоях океана. Поэтому в первом приближении можно считать, что градиент давления уравнивается только силой Кориолиса.

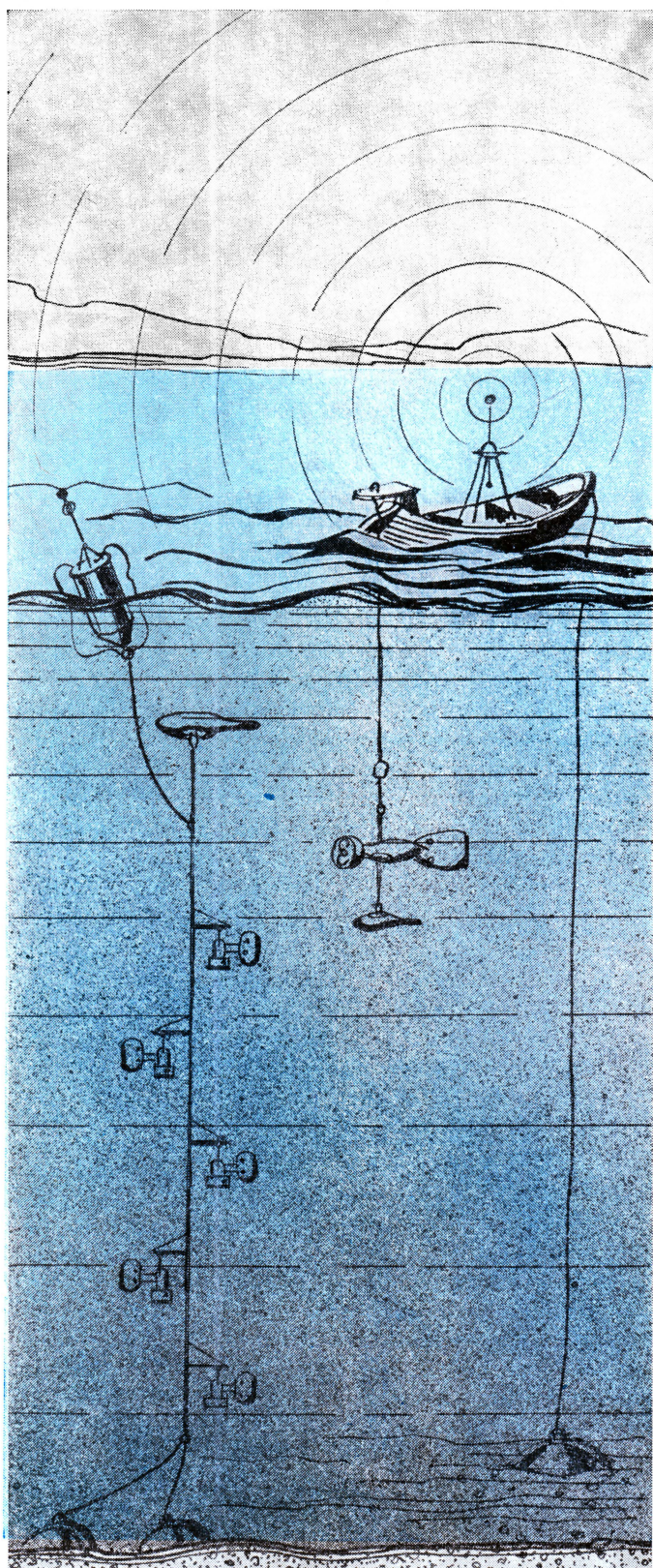
Рассмотрим схему взаимодействия этих двух сил в развитии. Неоднородности поля плотности приводят к тому, что уровень моря и изопикнические поверхности (поверхности равной плотности) наклоняются по отношению к горизонту. Градиент давления, обусловленный вблизи поверхности уклоном уровня (G_1), с глубиной меняет знак: его побеждает градиент давления, вызванный неоднородностями плотности (G_2). Результирующая сила (G) увлекает воду в сторону меньшего давления. А сила Кориолиса поворачивает течение вправо. Если процесс установится, сила Кориолиса в точности уравнивает результирующий градиент давления. При этом вектор течения на всех глубинах будет направлен вправо под прямым углом к результирующему градиенту.

Такое движение вод, при котором сила Кориолиса и градиент давления уравновешены, называют геострофическим, а баланс сил записывают уравнением:

$$G = \rho f V,$$

где V — скорость течения, G — горизонтальный градиент давления, ρ — плотность воды, f — параметр Кориолиса, равный произведению удвоенного синуса широты места на угловую скорость вращения Земли. Измеренные температура и соленость океанических вод позволяют определить с

Наблюдения с помощью морской вертушки



достаточной точностью градиент давления, а затем — по формуле рассчитать скорость течения. Такой расчет впервые проделал В. Гелланд-Гансен в 1903 г. С тех пор проведены массовые расчеты геострофических течений для многих океанов и морей.

Итак, океанологи научились, измеряя температуру и соленость морской воды, определять скорость океанического течения. Затем появилось изображение геострофического скоростного поля на карте. Это удалось Н. Н. Зубову, который предложил вместо давления рассчитывать особую единицу работы — динамическую высоту. Нанося на уровненные поверхности динамические высоты в разных точках океана, мы получаем представление о скоростном поле на данном уровне.

Однако, вычисляя геострофическую скорость, приходится мириться с некоторой неопределенностью. Ведь значения абсолютных геострофических скоростей можно получить, лишь отсчитывая давление от такой поверхности, на которой горизонтальный градиент давления равен нулю и, следовательно, течение отсутствует. Очевидно, поверхность нулевой скорости («нулевая поверхность») пройдет через точки, в которых равны между собой градиент, вызванный уклоном уровня, и градиент, обусловленный неоднородностями плотности. Но построить «нулевую поверхность» в каждом конкретном случае нелегко. Поэтому обычно геострофическим расчетам предшествует поиск «нулевой поверхности», а это уже самостоятельная задача океанологии.

Современное представление об общей циркуляции океанов создано на основании геострофических расчетов течений. Прямые измерения течений в море показали, что с некоторой глубины геострофический режим характерен для большей части Мирового океана. Но несмотря на то, что гео-

Автономные станции, которые могут работать в море длительное время. Буквопечатающая вертушка записывает направление и скорость течений, радиоизмеритель течений передает информацию по радио



Определение поверхностных течений с воздуха. Фотографируя дрейфующие пакеты с красителем, легко получить схему течений

строфическое соотношение позволяет вычислить скорость течения, оно не указывает на первопричины течений. Вопрос, поставленный в начале настоящего раздела, можно задать теперь несколько иначе: какая причина — тепло или ветер — является основной при создании геострофического режима? Ответ на этот вопрос дает теория океанических течений. Первые физически обоснованные разработки теории начаты в конце прошлого столетия. Первоначальные примитивные теоретические модели усложнялись по мере того, как становились известными новые факты об океане и совершенствовалось представление о свойствах турбулентного движения жидкости.

Попытаемся, привлекая некоторые океанографические модели движения, объяснить, как возникает океаническая циркуляция. При этом будем рассматривать в наиболее простых

схемах влияние каждого постоянно действующего фактора: испарения и осадков, разности температур и ветра.

РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР И ОКЕАНИЧЕСКАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ

Предположим для простоты, что движение происходит в однородном по плотности океане. Такое движение, строго говоря, может возбуждаться только ветром: неравномерность температур приведет к изменениям плотности. Разность объемов осадков и испарения не повлияет на распределение плотности в том случае, если океан будет... пресным.

Одна из первых теоретических моделей океана — модель Г. Хафа (1897 г.), улучшенная Дж. Гольдсброу (1933 г.), — как раз и основана на данном предположении: в пресном океане, покрывающем Землю сплошным слоем постоянной глубины, течения возбуждаются осадками и испарением. Уровенная поверхность отклоняется от поверхности геоида, и в толще океана возникает уже знакомый нам градиент G_1 , который поддерживает геострофическое течение. Хотя циркуляция океанических вод, описываемая моделями Хафа и Гольдсброу, далека от реальности, эти модели все же применяют для объяснения механизма циркуляции на больших глубинах, где наблюдается почти одинако-

вая плотность вод. Г. Стоммел (1957 г.) первым показал, что если в «испарительно-осадковую» модель Хафа — Гольдсброу ввести меридиональные границы (берега) и задать сложное поле осадков и испарения, то на рассчитанных схемах можно различить даже Гольфстрим! Значит, океанские течения могут возбуждаться вертикальными движениями: ведь осадки можно отождествить с перемещением вдоль отвеса вниз, а испарение — вверх. Однако вычисленные скорости оказались много меньше наблюдаемых: осадки и испарение — очень уж слабосильный движущий фактор. Значит, в природе есть более мощные источники вертикальных токов, и, как увидим далее, их обнаружили.

Разность температур между высокими и низкими широтами, действуя в «одиночку», тоже не создает наблюдаемых в природе течений. Но вместе и осадки — испарение, и разность температур могут возбудить меридиональную циркуляцию, которая формирует вертикальное расслоение вод (вертикальную структуру плотности). Как это представить? В низких широтах благодаря испарению и солевой конвекции слои воды резко различаются по плотности, а у полюсов, где конвекция и перемешивание возникают в результате охлаждения, воды становятся однородными почти до дна. Вертикальные потоки связаны с медленными движениями вдоль меридианов. Холодные воды направляются к экватору в глубинных слоях, тогда как поток теплых вод идет к полюсам вблизи поверхности. Вся эта неторопливая циркуляция, продолжающаяся десятилетиями, «строит» рельеф изопикнических поверхностей вдоль меридиана. А как же объяснить неравномерности поля плотности вдоль кругов широты, т. е. чем объяснить геострофический режим океанических круговоротов? Здесь на помощь приходит ветер.

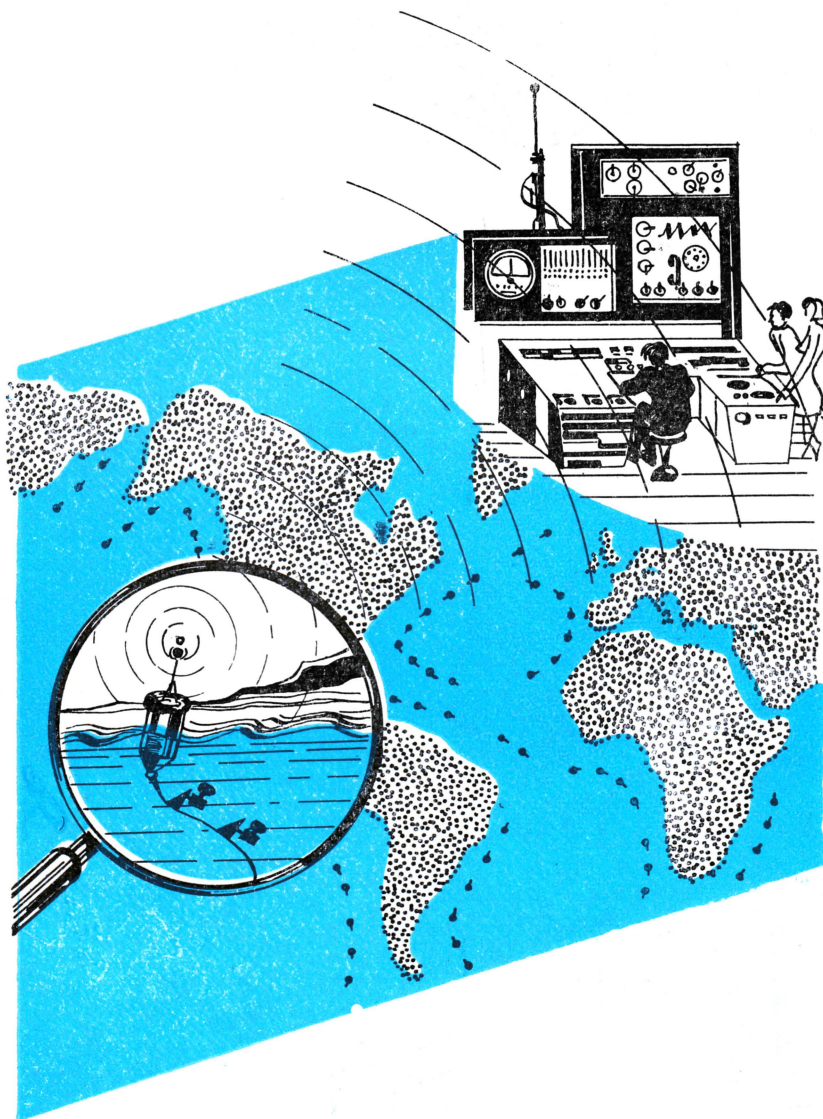
О ТЕЧЕНИЯХ, ДВИЖИМЫХ ВЕТРОМ

Ветер не так уж капризен, как это принято считать. Над океаном есть районы, где систематически повторяются штили или ветры одного и того

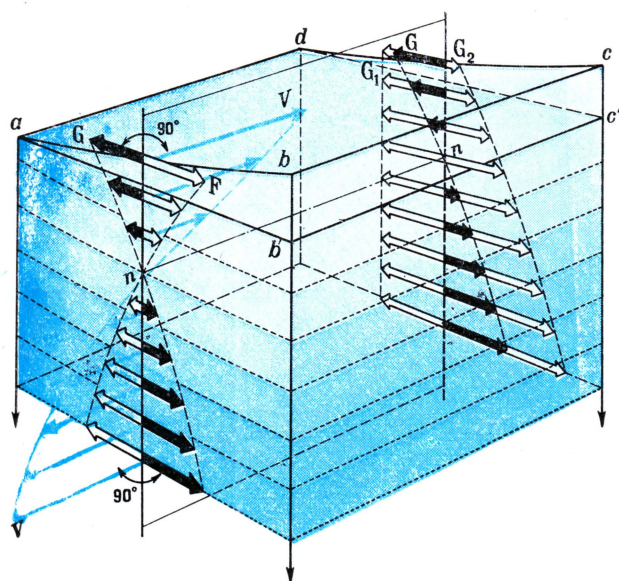
же направления (экваториальная штилевая полоса, зоны пассатов и западных ветров). Не вдаваясь в причины такого постоянства (оно является следствием общей циркуляции атмосферы), рассмотрим механизм передачи энергии ветра морским течениям и, прежде всего, внутреннее турбулентное трение.

Если с помощью чувствительных датчиков зарегистрировать темпера-

туру, соленость, скорость и направление течения в море, то окажется, что эти характеристики не остаются постоянными и не меняются лишь упорядоченно, закономерно, а испытывают еще и неправильные, хаотические изменения во времени и пространстве. Так обнаруживается явление, присущее всем свободным потокам на Земле, — турбулентность. Турбулентное движение возникает вслед-



В недалеком будущем сведения об океане станут регистрироваться большой сетью автономных буйковых станций, передаваться по радио и обрабатываться на счетно-решающих устройствах. Уже разрабатываются проекты станций, которые войдут в регулярную службу состояния океана

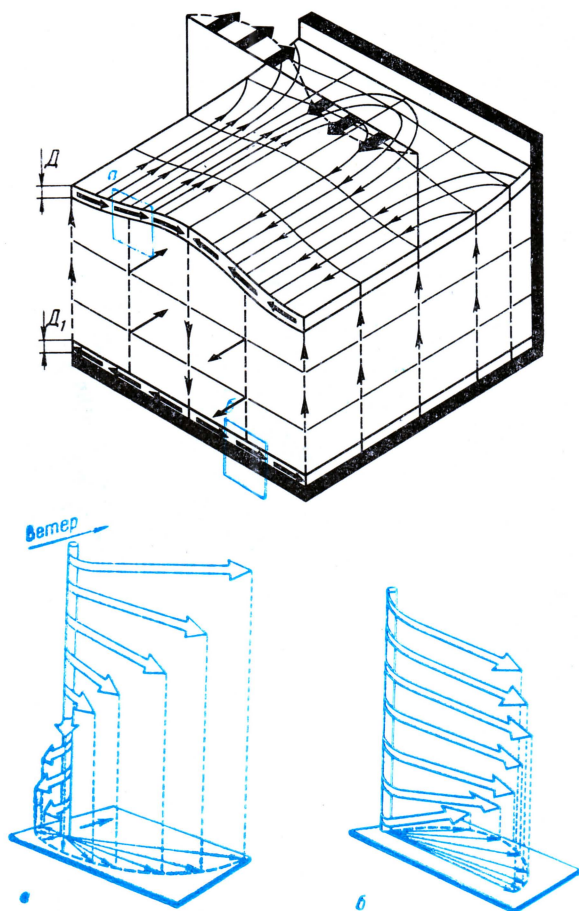


Блок-диаграмма иллюстрирует геострофическое течение. Условные обозначения: F — сила Кориолиса; G , G_1 , G_2 — градиенты давления; nn — след «нулевой поверхности»; V — вектор скорости течения. На диаграмме видно, как сила G_1 , обусловленная отклонением поверхности моря $abcd$ от горизонтальной плоскости $ab'c'd$ взаимодействует с градиентом давления G_2 , вызванным переслоенностью вод. Слои разной плотности отличаются на рисунке интенсивностью окраски. (С глубиной плотность возрастает.) Результирующий градиент давления $G = G_1 + G_2$ уравновешивается силой Кориолиса F , течение по всей толще направлено под углом 90° к этим силам.

ствие внутренней неустойчивости достаточно крупных потоков и выражается в том, что отдельные элементы жидкости совершают беспорядочные перемещения по сложным траекториям. В танце вихрей энергия быстро движущихся слоев переносится к более медленным — скорости выравниваются во всем слое. Распадаясь на все более мелкие вихрьки, турбулентные движения в конце концов рассеивают осредненную энергию течений и превращают ее в тепло. Этот процесс и определяет внутреннее турбулентное трение в жидкости, или турбулентную вязкость.

Ослабление быстрых струй медленными происходит аналогично торможению двух соприкасающихся твердых пластин, движущихся с разной скоростью. Только здесь обмен массой происходит не в тонком слое взаимодействия, а во всей толще жидкости.

Энергия ветра, увлекающего в движение поверхностный слой океана, передается в глубь океана силами турбулентной вязкости, создавая дрейфовые течения. Как далеко в толщу воды распространяется влияние ветра? На этот вопрос впервые ответил В. Экман в 1905 г., разработав модель чистого ветрового дрейфа. Он рассмотрел перенос вод в од-



Блок-диаграмма движения вод согласно модели Экмана (по Г. Стоммелу): а — распределение вектора течений с глубиной в верхнем экмановском слое D (спираль вектора дрейфовых течений); б — распределение вектора течений в придонном слое D_1 (обратная спираль). Условные обозначения: широкие черные стрелки — распределение ветра над поверхностью океана; кривые линии со стрелками — изогипсы; широкие синие стрелки показывают перемещение вод в верхнем и нижнем слоях Экмана.

нородном, безбрежном и бездонном океане. Над поверхностью такого океана с постоянной силой дует ветер одного направления, а на бесконечной глубине угасает всякое движение. В этой модели уровенная поверхность остается плоской и горизонтального градиента давления в толще вод не возникает. Сила трения ветра о поверхность моря на всех глубинах уравновешивается силой Кориолиса.

А течения? Их вектор на поверхности отклонен от направления ветра на 45° вправо (в северном полушарии). Глубже он еще больше поворачивает вправо, описывает концом сложную спираль и постепенно уменьшается, достигая на некотором уровне $D^{1/273}$ первоначальной величины. Уровень D называется г л у б и н о й т р е н и я, а весь слой, охваченный дрейфовыми течениями, — с л о е м Э к м а н а. Расчеты показывают, что слой Экмана не превышает 200 м, а весь суммарный перенос в нем (экмановский перенос) направлен вправо от вектора ветра (для северного полушария). Специальные измерения течений вдали от берегов подтвердили существование слоя Экмана, несмотря на то, что стационарных дрейфовых течений в чистом виде наблюдать не удавалось.

Пытаясь приблизить однородную модель Экмана к реальным условиям, мы должны считаться с тем, что поверхность океана не бывает в состоянии покоя: у наветренного берега вода накапливается (нагон), у подветренного уходит (сгон). Кроме того, неравномерность поля ветра может привести к возникновению в океане зон, где экмановские потоки сойдутся (зона конвергенции) или разойдутся (зона дивергенции). Этот процесс — дивергенция экмановского слоя — обуславливает возвышенности и впадины в рельефе поверхности океана и соответствующее распределение вертикальной скорости на нижней границе слоя Экмана: опускание над возвышенностью и подъем над впадинами. Уклоны свободной поверхности создают градиенты давления, которые ниже слоя D оказываются единственной причиной течения. Здесь градиент давления уравновешивается силой Кориолиса и течение

во всей толще направлено вдоль изогипс рельефа поверхности океана. Лишь у дна, где, как предполагается, частицы воды «прилипают» к грунту, опять существенны силы турбулентной вязкости и возникает так называемый придонный «обратный» слой Экмана толщиной D_1 . Такая стройная картина градиентных течений в глубоком однородном океане обладает одним существенным недостатком — она не вполне соответствует природе. Придонный слой Экмана, т. е. резкое убывание скоростей течений у дна, обнаруживается крайне редко и то лишь в небольших морях с глубиной примерно $2D$.

Можно ли в рамках однородной модели затормозить градиентное течение ниже слоя D не трением о дно, а другими силами? Решить этот вопрос долго не удавалось даже после того, как Экман предложил свою теорию градиентных течений (1923 г.).

И только оригинальная идея К. Россби (1936 г.) приблизила решение проблемы Экмана. Россби предложил учитывать рассеяние энергии градиентного течения горизонтальными вихрями. Поскольку горизонтальная турбулентность ощутима лишь вблизи твердых границ океана, эта идея не исчерпала поставленной проблемы. Но она привела к созданию нового метода исследования течений — метода полных потоков. Разработанный трудами В. Б. Штокмана, Х. Свердруп, Г. Стоммела, В. Манка, В. М. Каменкова и других, этот метод позволил объяснить многие особенности океанической циркуляции.

ТЕЧЕНИЯ В БАРОКЛИННОМ ОКЕАНЕ

Физически обоснованную схему взаимодействия полей плотности и течений предложил П. С. Линейкин (1955 г.) в своей бароклинной* теории течений. В этой модели до начала движения расслоение воды по вертикали уже создано описанными ранее распределением тепла, осадков и испарения. Затем над поверхностью океана начинает работать ветер, не-

равномерный по площади. Предполагается, что возбуждаемые им движения и горизонтальные градиенты плотности исчезают на некоторой достаточно большой глубине.

Неравномерный ветер всегда создает в экмановском слое зоны дивергенции и конвергенции, и поверхность океана изгибается: в толще воды возникает знакомый читателю градиент G_1 . Но если ранее Г. Хаф и Дж. Гольдсброу объясняли этот градиент осадками и испарением, то теперь его причина физически более обоснована — ветер.

Вспомним о вертикальных движениях на границе D . Они приводят к подъему плотных и опусканию легких вод (вода переслоена!). Так создаются различия в поле плотности. А они-то порождают градиент G_2 . Именно эта сила может уравновесить экмановский градиент давления G_1 и тогда градиентное течение не распространится до дна. Вектор G_2 возрастает с удалением от поверхности и на некоторой глубине он станет равным постоянному вектору G_1 . Эта глубина, получившая название «глубина бароклинности» или «глубина Линейкина», определяет поверхность, до которой распространяются градиентные течения в океане. Это и будет нулевая поверхность.

В работах П. С. Линейкина, Г. Стоммела, А. Робинсона, П. Уэллсера, А. С. Саркисяна и других показано, что с помощью бароклинной теории можно достаточно хорошо воспроизводить реальные поля течений и плотности.

Теперь можно с большей определенностью говорить о причинах океанических течений. Читатель, наверное, уже утвердился в мысли, что за большие скорости течений ответствен ветер. Под его влиянием возникают не только верхние дрейфовые течения, но и течения глубинные, так как рельеф океанской поверхности и деформации поля плотности — результат действия преобладающих ветровых полей. Однако термические факторы также важны в циркуляции. Действуя постоянно, они поддерживают характерное расслоение вод и «готовят» океанскую толщу к ветровым воздействиям.

* Бароклинность — термин, характеризующий зависимость давления от температуры и солености морской воды.

Д. КРУКШЕНК
доктор
Лунная и планетная
лаборатория Аризонского
университета, США

Астрономы наблюдают Солнце с самолета

Уже два года американские ученые успешно используют высотные самолеты для наблюдения небесных объектов в инфракрасном диапазоне. Об одном из первых «высотных» экспериментов рассказывает его участник — доктор Дейл Крукшенк.

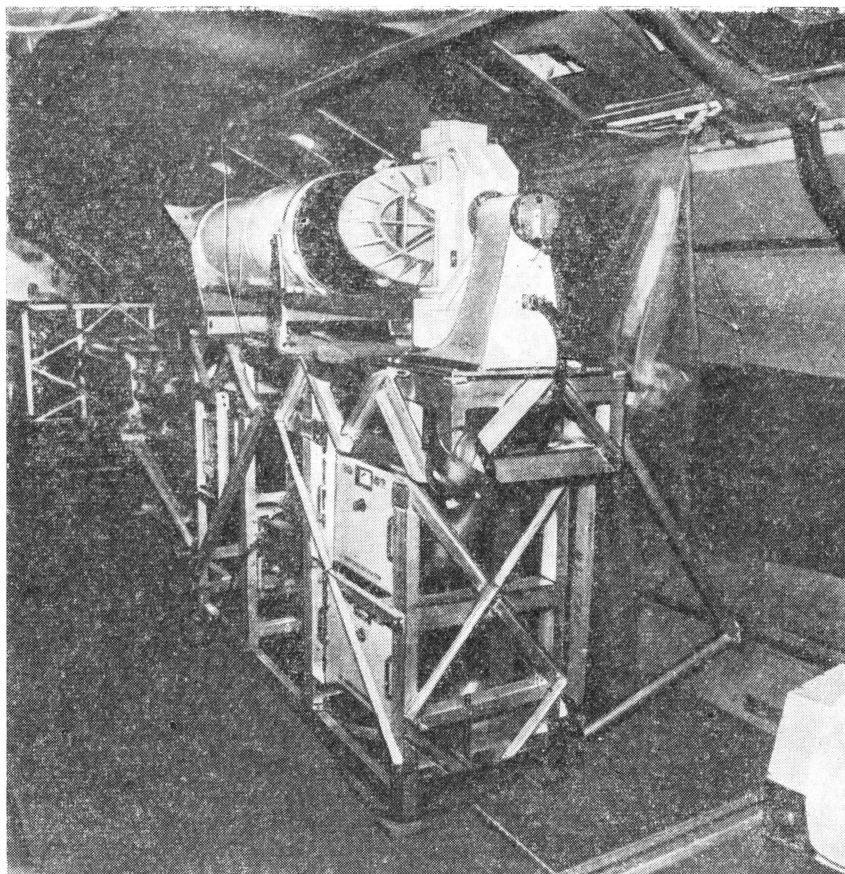
Получить с Земли высококачественный спектр Солнца в инфракрасных лучах нельзя. Астрономическим измерениям мешает водяной пар, которого довольно много в земной атмосфере. Если весь водяной пар выпадет в виде осадков, то почти всюду, за исключением, быть может, пустынь и полярных областей, толщина слоя жидкой воды достигнет нескольких миллиметров.

У молекулы водяного пара очень сложный и запутанный инфракрасный спектр поглощения (или излучения). Эта молекула сильно поглощает инфракрасное излучение Солнца в диапазоне длин волн 1—1000 мк. Иногда солнечные линии в спектрах, полученных на обсерваториях, полностью скрыты поглощением водяного пара. Устранив его влияние, можно увидеть новые линии в солнечном спектре. Как это сделать?

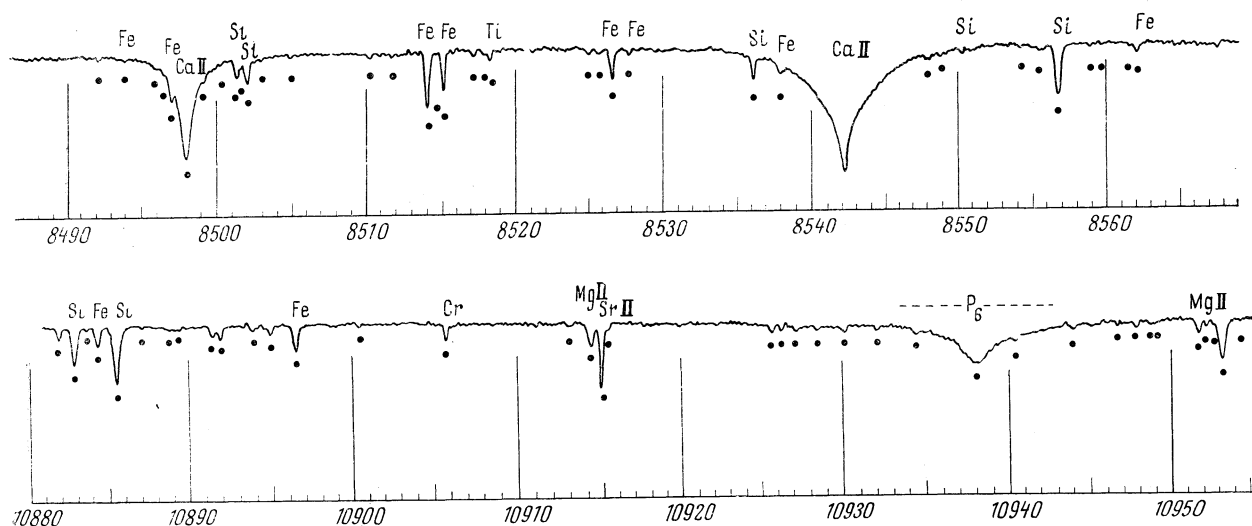
Оказывается, почти весь водяной пар атмосферы сконцентрирован на малых высотах. Шкала высот* для

Сокращенный перевод с английского Т. В. Мавриной.

* Шкала высот — высота над эталонным уровнем, где концентрация данного газа составляет около 37% от концентрации газа на эталонном уровне.



4-метровый солнечный инфракрасный спектрометр, установленный на самолете «Convair CV-990»



Два участка инфракрасного спектра Солнца с разрешением около 0,2 Å. Спектр получен с самолета на высоте 12 км. Указаны отождествленные линии. Особенно широки линии ионизованного кальция (Ca II) и линия водорода из серии Пашена (P_6) с длиной волны 10 938 Å. Черными точками отмечены линии поглощения, имеющие солнечное происхождение

водяного пара определяется в 1,6 км над земной поверхностью, в то время как для остальных составляющих атмосферы — около 8 км. В результате, например, на высоте 12 км над уровнем моря концентрация водяного пара (или его парциальное давление) уменьшается в 2000 раз. Это — важное обстоятельство для инфракрасной астрономии: достаточно подняться на такую высоту на самолете и отпадет необходимость в использовании для измерений в инфракрасной области спектра дорогостоящих «надатмосферных» искусственных спутников Земли. Высотные самолеты гораздо дешевле искусственных спутников. Они могут летать над основной массой атмосферного водяного пара и достаточно вместительны, чтобы взять на борт ученых и аппаратуру. В самолете удастся не только отрегулировать приборы, но и выполнить несложный ремонт их. На искусственных спутниках Земли такие работы пока невозможны.

Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства приобрело четырехмоторный реактивный самолет «Convair CV-990», чтобы использовать его как высотную астрономическую наблюдательную станцию. Несколько лет назад «CV-990» были самыми большими пассажирскими самолетами

в США. Некоторые из них еще обслуживают воздушные линии в Европе. «CV-990» могут находиться в воздухе 7,5 часов на высоте 10—12 км без заправки. Внушительные размеры, большой запас горючего, устойчивые летные данные сделали этот самолет подходящей платформой, с которой хорошо проводить астрономические наблюдения.

Самолет был модифицирован. В нем устроили иллюминаторы сверху и внизу фюзеляжа, а также вдоль одного борта на угловом расстоянии 65° от горизонта. Некоторые иллюминаторы сделаны из стекла, другие из кварца или кристаллических материалов, хорошо пропускающих излучение в различных областях инфракрасного спектра (кремний, фтористый литий, фтористый натрий, хлористый натрий и т. д.). Внутри самолета, где прежде сидели пассажиры, разместили электронное и оптическое оборудование. В самолете установили три 30-сантиметровых рефлектора, к которым можно присоединять фотомет-

ры, интерферометры и другие приборы. Свет из иллюминатора направляется в оптическую систему каждого телескопа плоским зеркалом. Положение зеркала контролируется гироскопом. Точность гидирования такого телескопа составляет 5—10 секунд дуги, что вполне достаточно для астрономических наблюдений.

Излучение небесного объекта, например Солнца, должно попадать в самолет через иллюминатор, расположенный на угловом расстоянии 65° от горизонта. Чтобы «удерживать» Солнце в постоянном положении относительно иллюминатора, приходится лететь на запад вдоль параллели, немного отклоняясь к северу*.

* Чтобы уменьшить влияние атмосферы, такие наблюдения проводят при наибольшей высоте светила над горизонтом, т. е. в полдень (Прим. ред.)

Летом 1968 г. профессор Дж. Койпер и автор провели с самолета «CV-990» инфракрасные спектроскопические наблюдения Солнца в диапазоне длин волн 0,85—5,3 мк на 30-сантиметровом телескопе и двух инфракрасных спектрометрах. Один спектрометр был сконструирован специально, а другой, меньший из них, прежде использовался в наземных телескопах для наблюдения планет и звезд. В различных спектральных областях применялись разные дифракционные решетки и приемники излучения. Для спектрального интервала 0,8—3,3 мк лучшим приемником оказался сульфид свинца (PbS), в то время как в интервале длин волн 3,3—5,3 мк он уступает селениду свинца (PbSe).

Установка спектрометр — телескоп большой длины очень тяжела. В результате специальных инженерных расчетов внешний вид спектрометра получился необычным. Алюминиевый сварной корпус его покрыт рифлеными

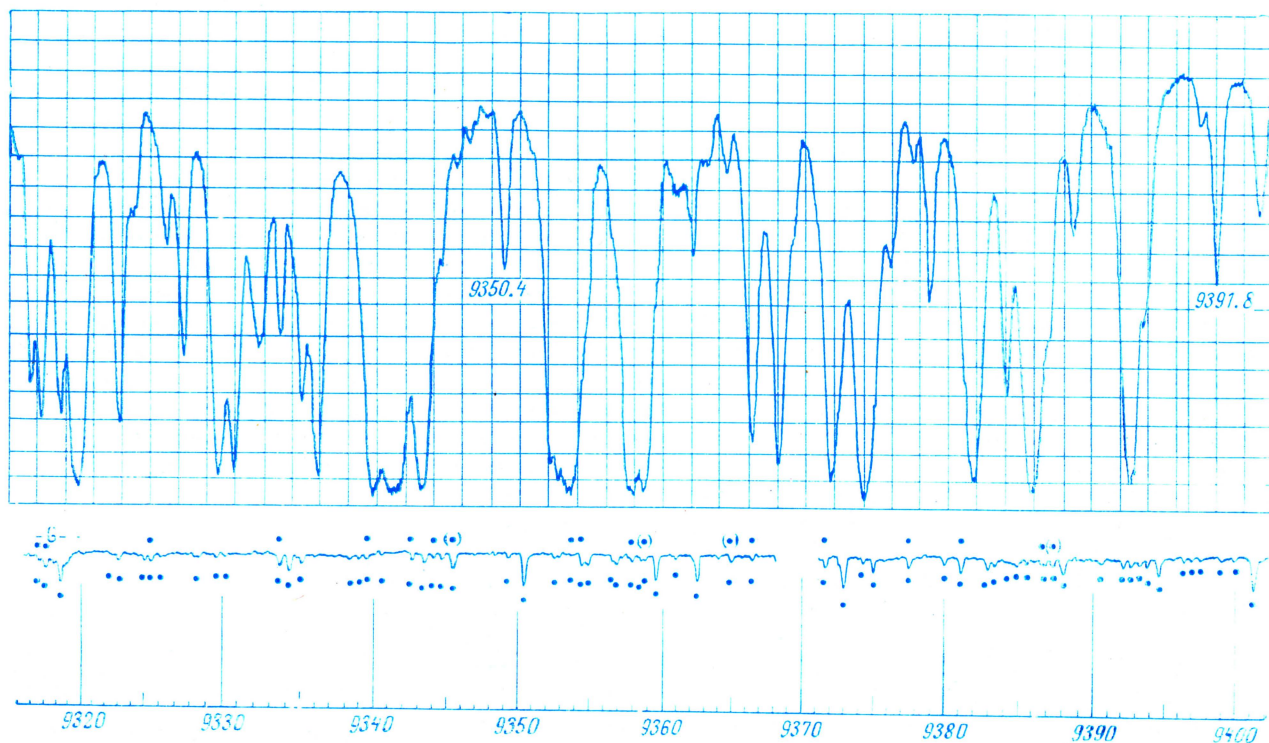
листами. Стальные тросы поддерживают два конца спектрометра, где расположены оптические детали, которые должны сохранять неизменным положение в пространстве. Все механические детали инструмента выдерживают в полете примерно 40-кратную перегрузку.

Поскольку оптический путь луча в установке велик (почти 25 м), а в самолете находятся люди, выдыхающие водяной пар, могло случиться так, что поглощение водяного пара внутри самолета превзойдет поглощение в атмосфере над ним. (Обычно во время наблюдательных полетов температу-

ра снаружи на высоте 12 км над уровнем моря бывает -58°C , и полное количество осаждаемой воды над самолетом составляет около 10 мк.) Длинный оптический путь луча в установке и дополнительное поступление водяного пара могут исказить результаты измерений с самолета. Чтобы избежать этого, спектрометр и телескоп были заполнены сухим сжатым воздухом, таким же как и снаружи. Долю поглощения водяного пара, содержащегося внутри самолета, в полном измеренном поглощении удалось снизить до 10%.

Мы получили новые спектры Солн-

Две записи солнечного спектра в диапазоне длин волн 9315—9563 Å. Верхняя запись заимствована из «Атласа инфракрасного солнечного спектра», составленного на обсерватории Мак-Мас — Халберт Мичиганского университета, а нижняя сделана во время наблюдений с самолета (высота 12 км). Спектр, полученный на обсерватории, сильно искажен поглощением водяного пара; некоторые солнечные линии вовсе не видны, например



ца, которые имеют максимальное разрешение 0,21 Å (в ближней инфракрасной области) и, следовательно, пригодны для изучения профилей линий, особенно тех, профили которых в спектрах, полученных с Земли, искажены поглощением водяного пара. Некоторые линии водорода из серии Пашена не удавалось до сих пор наблюдать без сильного искажения. Эквивалентные ширины самых слабых линий в новом спектре около 0,005 Å. В инфракрасном спектре было открыто несколько сот новых солнечных линий. Кроме того, многие линии, которые подозревались как сол-

нечные, оказались теллурического происхождения.

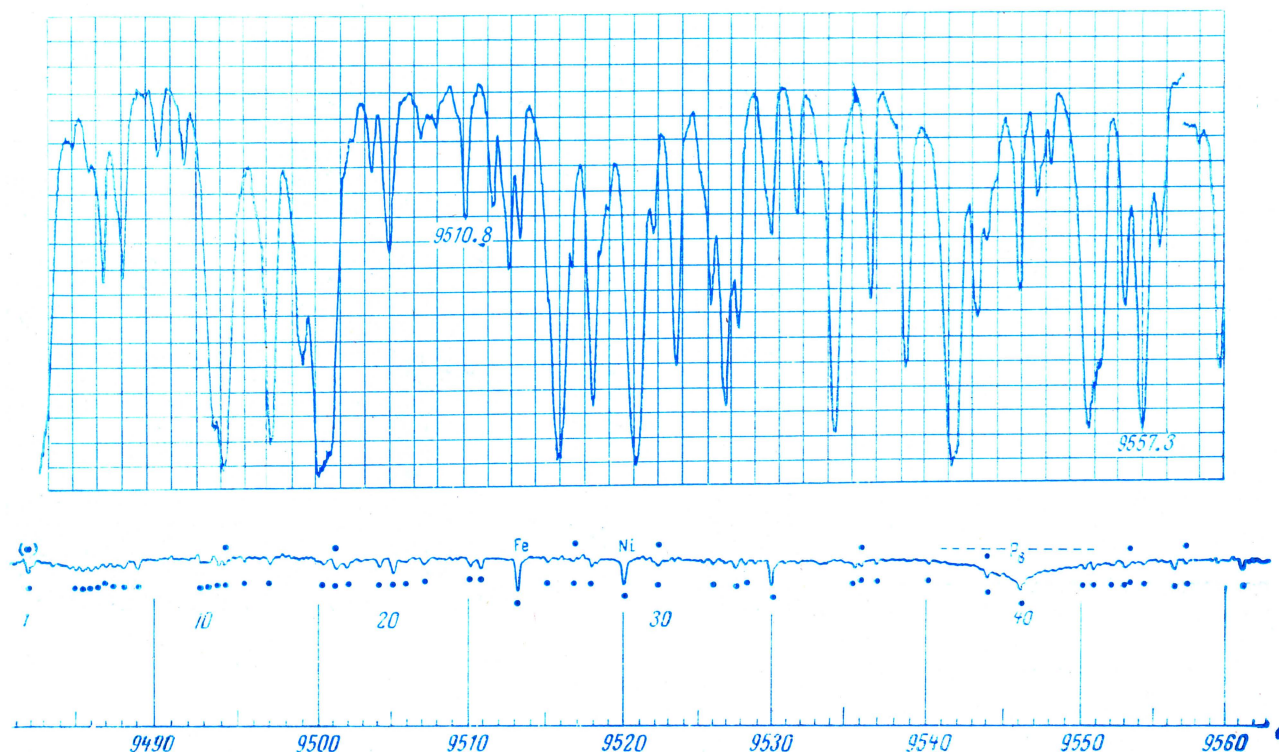
Большое значение астрономических наблюдений с самолета на высоте 10—12 км очевидно. Программа высотных наблюдений нашей лаборатории включает изучение Венеры, Марса и Юпитера, многих красных звезд поздних спектральных классов и Луны. Можно надеяться, что солнечные спектры, полученные с самолета и используемые как спектры сравнения, помогут найти много новых линий и полос поглощения в спектрах планет.

В Лунной и планетной лаборатории Аризонского университета инфра-

красные исследования ведутся также на высокогорных обсерваториях. Доктора Х. Джонсон, Ф. Лоу и Дж. Койпер активно продолжают программу инфракрасных наблюдений на специально сконструированных телескопах. Телескопы с большими металлическими зеркалами, предназначенные для исследования в инфракрасной области спектра, намного дешевле обычных оптических телескопов. В нашей лаборатории непрерывно работают три таких полутораметровых телескопа. В ближайшее время предполагается расширить программу инфракрасных наблюдений с самолета и поднять на высоту 12 км крупные телескопы.

По мере того как чувствительность инфракрасных приемников возрастает, технология изготовления больших телескопов совершенствуется, инфракрасная спектрометрия и фотометрия будут давать все более существенную информацию о составе, температуре и строении тел во Вселенной.

линия водорода из серии Пашена (P_8) с длиной волны 9546 Å. Эта линия самая заметная в спектре, зарегистрированном с самолета. Область спектра, обозначенная буквой G, слегка искажена неудовлетворительным гидрированием солнечного изображения (левая часть рисунка). Точки над кривой указывают, что наблюдаемое поглощение вызвано водяным паром, а точками под кривой отмечены линии солнечного происхождения



Н. АРМСТРОНГ
космонавт США

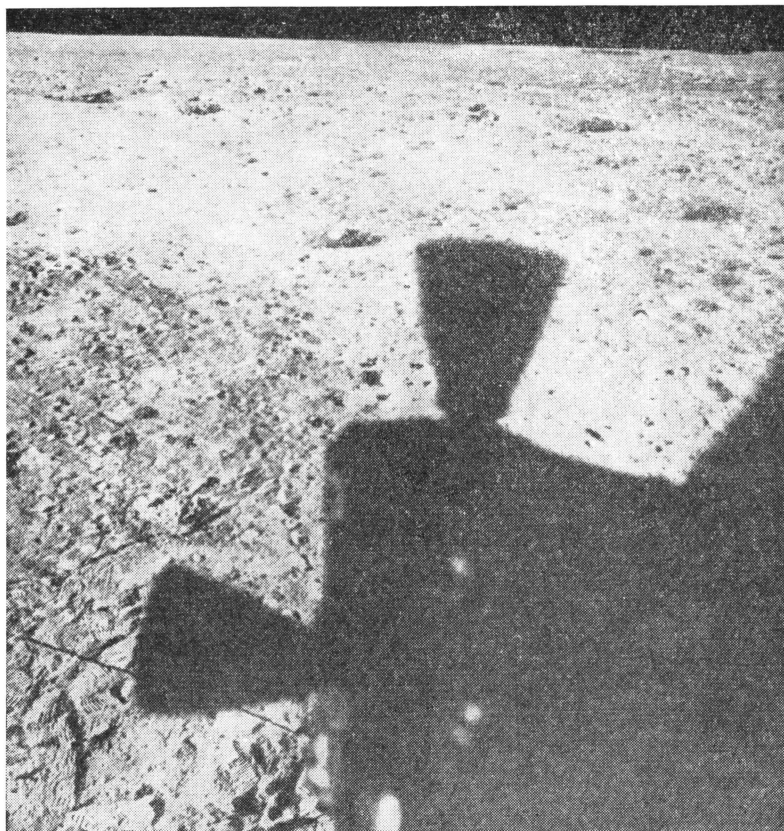
Исследование лунной поверхности

Автор, побывавший на Луне, рассказывает о том, что видели, чувствовали и как работали космонавты на лунной поверхности.

ПЕРВЫЕ ВПЕЧАТЛЕНИЯ ПОСЛЕ ПРИЛУНЕНИЯ

Выключив ракетный двигатель, мы проверили аппаратуру и прильнули к иллюминатору. Пыль, поднятая двигателем, сразу осела — видимость стала хорошей. Мы прилунились на отлогой равнине, изъеденной кратерами. Самый большой из них имел диаметр 15 м, самый маленький — только 2 см. Горизонт неровный. Склоны больших кратеров создавали впечатление, что вдали множество пологих холмов. Грунт (в пределах видимости, т. е. в радиусе двух метров от нас) представлялся песчаным с обломками пород. Угловатой или слегка сглаженной формы обломки сверху покрыты песком. Лунная поверхность в момент прилунения была ярко освещена. Казалось, что это не лунный грунт, а песчаная поверхность пустыни в знойный день. Но если взглянуть еще и на черное небо, то можно вообразить, что находишься на усыпанной песком спортивной площадке ночью, под ослепительными лучами прожекторов. Ни звезд, ни планет, за исключением Земли, не было видно.

Доклад, прочитанный на XIII Сессии КОСПАР (Ленинград, июнь 1970 г.), публикуется с любезного согласия автора. Сокращенный перевод Г. Н. Деева.



Лунная кабина космического корабля «Аполлон-11» прилунилась на отлогой равнине, изъеденной кратерами

КАК МЫ РЕАГИРОВАЛИ НА ЛУННОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ?

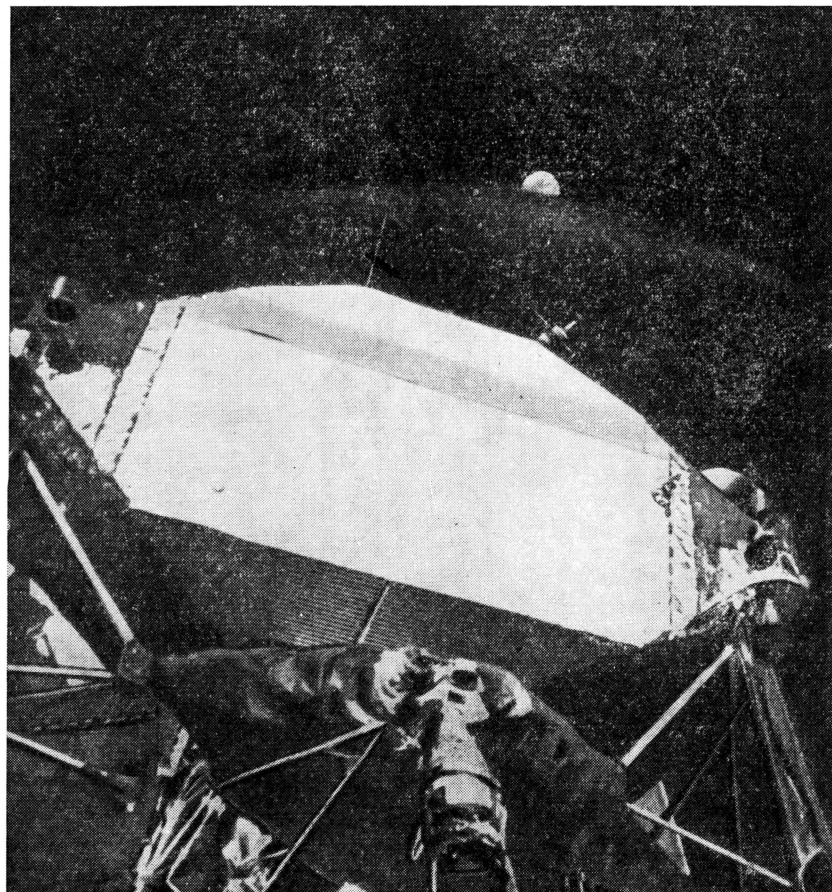
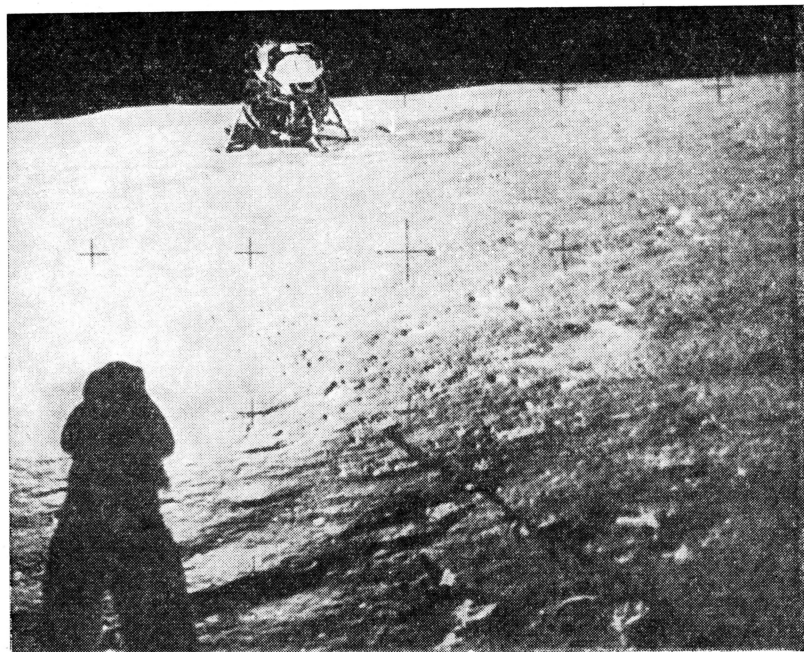
Лунный отсек стоял в рабочем вертикальном положении. Соблюдать равновесие было нетрудно. Встать на ноги после случайного падения тоже не составляло затруднений. Подниматься на носки, как это мы делали на Земле в экспериментах, имитирующих лунное притяжение, не хотелось. Вообще, ощущение притяжения на Луне приятнее, чем земное и даже приятнее состояния невесомости.

ОСВЕЩЕННОСТЬ И ЦВЕТ

Солнце во время нашего пребывания на Луне поднималось над горизонтом от $10,5$ до 22° , а во время пребывания лунной кабины «Аполлона-12» — от $5,2$ до $21,1^\circ$. Все наблюдения за освещением и светом были ограничены этими условиями. В среднем, уровень освещения оказался очень высоким (как в безоблачный день на Земле). Тени были густыми, но не черными. Солнечный свет отражался от склонов лунных кратеров и видимость становилась хорошей.

Своеобразные фотометрические свойства Луны известны давно. Существовало опасение, что в определенный момент наши глаза, ослепленные Солнцем, ничего не смогут увидеть, поэтому траектория снижения лунной кабины была рассчитана так, чтобы в точке прилунения солнечные лучи не мешали космонавтам.

Цвет едва заметен или не обнаруживается вообще. При незначительной высоте Солнца над горизонтом, как например во время посадки «Аполлона-12», практически различать цвета невозможно. Когда Солнце поднимается над горизонтом до 10° , начинают появляться коричневые и бурые оттенки. В общем, исследованный нами район по освещенности может сравниться с пустыней, а его цвет напоминает цвет сухого цемента или



Вид Земли с лунной поверхности

песчаного пляжа. При выходе из кабины мы неожиданно обнаружили, что обломки пород и частицы лунного грунта имеют темно-серый или угольно-серый цвет.

ЛУННАЯ ТОПОГРАФИЯ

На фотографиях посадочные площадки «Аполлона-11 и -12» выглядели ровными. Однако фотографическая камера сглаживает мелкие неровности рельефа. Думаю, что большую часть (если не все) неправильностей рельефа составляют элементы валов кратеров. Однако к моменту прилунения мы этого не знали. Совершенно неясным был характер микрорельефа на удаленных к горизонту участках.

Неровности горизонта в сочетании с небольшой силой тяжести затрудняли определение вертикали (точность определения, вероятно, не превышала 5°). Отчетливо выраженная неровность лунной поверхности усугублялась тем, что скрадывалось расстояние до удаленных форм рельефа. Неровности создавали такое же впечатление, какое бывает у человека, плывущего по сильно взволнованному морю.

Край Западного кратера, находящегося приблизительно в 400 м к востоку от нас, не был виден, хотя его вал, как мы предполагали во время снижения лунной кабины, достигал высоты 25 м.

Сейчас можно утверждать, что у всех четырех космонавтов во время пребывания на Луне наблюдалась тенденция занижать расстояние. Мы полагаем, что наши первичные оценки расстояний также занижены.

ЗЕМЛЯ

Во время полета «Аполлона-11» Земля находилась приблизительно в 30° к западу от зенита. Она казалась выпуклой и очень яркой. Преобладали два цвета: синий — океанов и белый — облаков. Однако легко можно было различить и серо-коричневый цвет континентов. Угловой диаметр Земли при наблюдении с Луны в 4 раза больше, чем у Луны, наблюдаемой с Земли. Хотя Земля и казалась маленькой, все же это было весьма красочное зрелище.

ЗАЩИТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

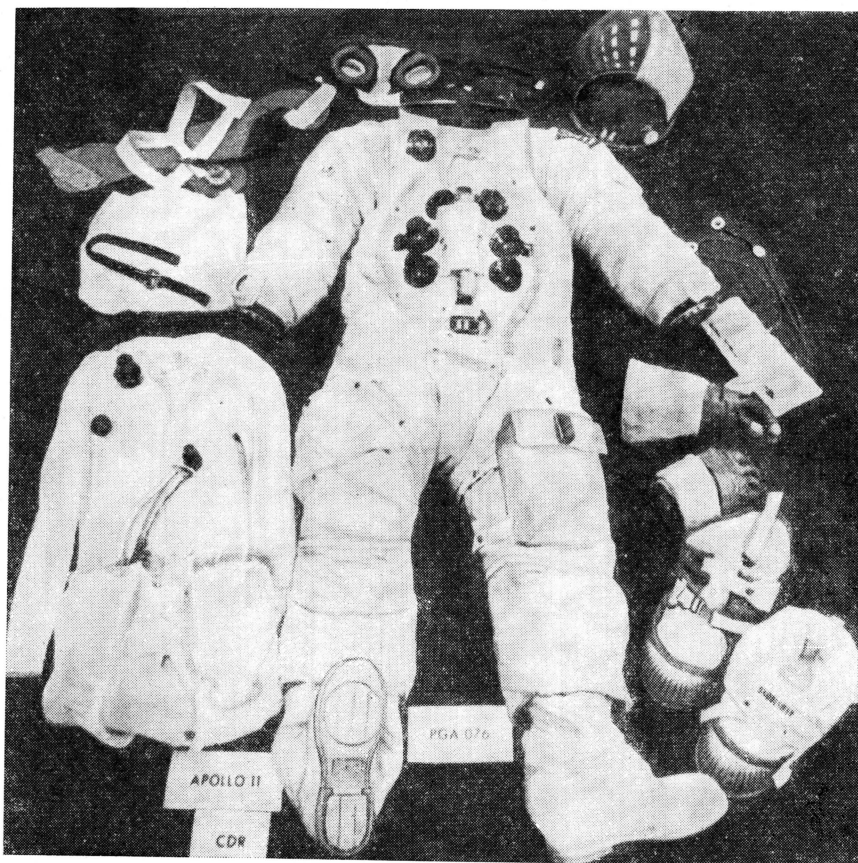
Прежде чем говорить о работе на поверхности Луны, мне хотелось бы дать краткую характеристику нашей одежды и защитного оснащения.

Основные детали одежды космонавтов защищают организм от вакуума, термических воздействий и от микрометеоритов. Ранцевая система состоит из аппаратуры связи, вентиляции и аппаратуры для регулирования температуры и давления. Эта система подает 100%-ный кислород при рабочем давлении 0,2625 кгс/см². Температурная защита обеспечивает нормальную жизнедеятельность при наружных температурах до +121°.

Скафандр снабжен герметическим шлемом, перчатками, защитными покрытиями и различными датчиками. Надевается он через вертикальный

разрез на спине и застегивается застежкой типа «молния» с дополнительным контрольным замком. На плечах, локтях, запястьях, бедрах, коленях и лодыжках имеются гофрированные сочленения. Жесткий каркас помогает сохранять постоянный объем в сочленениях. Рукава монтируются на сферических шарнирах, которые позволяют вращать рукой. На туловище и шее скафандра шарниров нет. Через систему трубок производится общая вентиляция скафандра.

Герметический шлем — это прозрачный пузырь, вложенный в многослойную систему, напоминающую рыцарское забрало. Защитная оболочка содержит две пары съемных фильтров для защиты от ультрафиолетового и инфракрасного излучений, а также для наблюдения в видимой части спектра. На шлеме укреплены три козырька (один в центре и два по бо-



Лунный скафандр космонавта

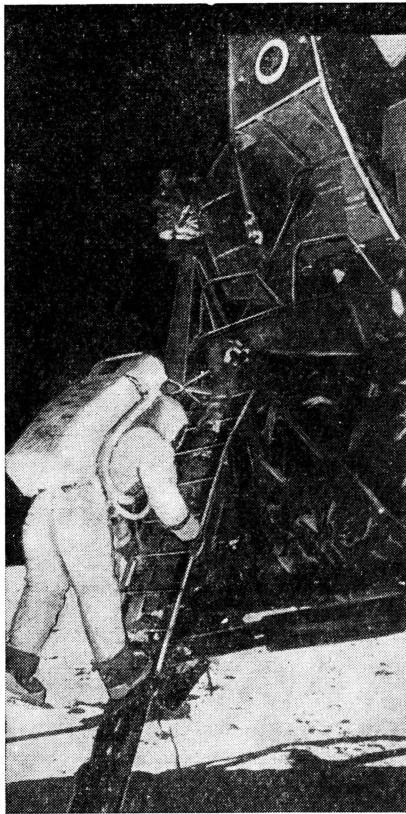
кам), защищающие лицо космонавта от солнечных лучей.

Перчатки отлиты по слепку с кистей рук. Подвижность кисти обеспечивается гофрированной секцией, которая комбинируется с шарниром. Такая конструкция позволяет поворачивать перчатку на 360° . Многослойные покрытия обеспечивают герметизацию, защиту от воздействия температуры и от механических повреждений микрометеоритами. У башмаков многослойный верх и толстая, ребристая подошва из силиконовой резины. Непосредственно к телу прилегает одежда с жидкостным охлаждением. Это, по существу, белье. Оно служит как бы термическим буфером между телом космонавта и охлаждающей средой. Во внутреннюю поверхность ячеистой ткани одежды вшита сеть трубок, по которой постоянно течет поток воды заданной температуры.

В ранце (портативная система жизнеобеспечения) — средства связи, рабочие датчики и прибор, подающий кислород. Двуокись углерода поглощается гидроокисью лития, вода — водяным сепаратором, запахи — активированным углем, посторонние частицы — фильтром, а тепло — теплопоглотителем. Чистый охлажденный кислород вновь подается для дыхания. Неизбежные потери компенсируются поступлением кислорода из специального баллона. Кислородный баллон может быть перезаряжен. Охлаждающая вода в трубках скафандра нагнетается моторным насосом с расходом $0,4 \text{ кг/мин}$. Насос помещен в ранце. Вода охлаждается в сублиматоре, регулирование температуры в котором производится вручную поворотом вентиля. При полностью открытом вентиле весь поток проходит через сублиматор и охлаждается. Если вентиль занимает противоположное положение, поток воды проходит мимо сублиматора.

Сублиматор пористо-пластинчатого типа использует воду как испаряющийся материал. Баллон водоснабжения содержит $0,8 \text{ кг}$ воды и может быть перезаряжен.

Насосы и вентиляторы питаются батареей, которая служит также источником электричества для рабочих инструментов и средств связи. Система коммуникации позволяет вести го-



На спине у космонавта ранцевая портативная система жизнеобеспечения



Характерное положение космонавта на лунной поверхности

ловую и телеметрическую связь по двум каналам. Разговор с основным блоком космического корабля записывается на магнитофонную ленту и одновременно передается на Землю.

Вентили температурного контроля, кислородный и водный, расположены в нижней правой части ранца. Электрические и коммуникационные датчики, регулятор давления кислорода и индикаторы физического состояния космонавта находятся на пульте дистанционного управления, размещенного на груди скафандра. На этом пульте можно установить широкоплечную, 70-миллиметровую фотографическую камеру.

ПОДВИЖНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

У космонавта, облаченного в скафандр и снабженного ранцем, центр тяжести перемещается вверх и несколько назад. Чтобы не потерять равновесие, он наклоняется вперед. На поворотах его движения несколько замедлены. Это объясняется небольшим сцеплением подошв обуви с лунным грунтом. Однако привычной скорости поворота можно легко добиться.

Переход из состояния покоя в состояние движения тоже заметно медленнее, чем на Земле. Чтобы двигаться быстрее, нужно сделать три или четыре шага с небольшим ускорением или сильно наклониться вперед и энергично оттолкнуться, набрав нужную скорость с первого шага. Оба эти способа удовлетворительны, но обычно использовался первый из них.

Были испробованы три способа движения вперед: хождение, подскоки при ходьбе и бег вприпрыжку. Хождение использовалось для обычных операций около лунной кабины и для переноски грузов. Скорость хождения не превышала полуметра в секунду. При больших скоростях космонавт, делая шаг, как бы взлетал вверх. При беге вприпрыжку он обеими ногами одновременно отталкивался от поверхности. Последний способ оказался наиболее эффективным при передвижении на большие расстояния, так как достигалась скорость $1\text{—}1,5 \text{ м/сек}$, а на отдельных участках до $2,0 \text{ м/сек}$. Много времени уходило



Космонавт переносит оборудование для экспериментов

на то, чтобы выбрать наилучший путь на неровной поверхности.

Скачки похожи на бег вприпрыжку, но при скачках на Луне, в отличие от бега, ноги двигаются довольно медленно. Создается ощущение медленного бега. Бег, каким мы его знаем на Земле, на Луне воспроизвести невозможно.

Остановиться во время ходьбы сразу нельзя, можно только после одного или двух шагов, во время скачков — после трех или четырех скачков. Шаги в сторону затруднены ограниченной подвижностью скафандра. В общем, движение по лунной поверхности требует больше расчета и внимания, чем передвижение по Земле.

Конечно, в условиях лунного притяжения хочется прыгать вверх. Свободные прыжки с сохранением контроля за движением возможны до одного метра. Прыжки на большую высоту часто заканчивались падением. Наибольшая высота прыжка составляла два метра, т. е. до третьей ступени лестницы лунной кабины. В этом случае космонавту удалось сохранить равновесие только потому, что он сумел схватиться за лестницу руками.

Падения не имели неприятных последствий. Скорость их настолько мала, что нет оснований опасаться каких-либо повреждений. Обычно при нарушении равновесия падение можно предотвратить простым поворотом и шагом в ту сторону, куда падаешь. Если упадешь лицом вниз, можно легко подняться без посторонней помощи. При падении на спину нужно приложить больше усилий, чтобы подняться самостоятельно. Конечно, с помощью другого космонавта встать на ноги проще всего. Во время двух лунных экспедиций мы старались как можно меньше касаться скафандром поверхности Луны, чтобы не повредить его обломками пород.

Скорость передвижения и стабильное положение в известной степени зависят от самой природы лунной поверхности. Хотя грунт и кажется мягким, след углублялся обычно менее чем на 1 см. Частицы грунта малы и легко прилипали к скафандру и обуви. Следы были намного глубже (5 см) на валу и в донной части кра-

тера, диаметр которого составлял 5 м. Обычно наш путь между двумя точками был извилистым, так как мы старались избежать неровностей.

Один из космонавтов, ступив на покрытый пылью плоский кусок породы, поскользнулся. Но, в общем, устойчивость вполне достаточная. Крутизна склонов кратера 12—20°, где был обнаружен «Сервейер», не вызвала никаких трудностей для экипажа лунной кабины «Аполлона-12». Космонавтам пока не приходилось преодолевать крутые склоны больших кратеров (40°).

РАБОТА НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

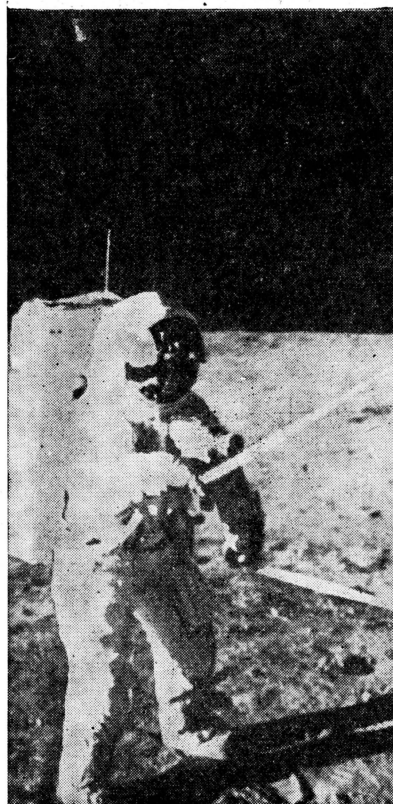
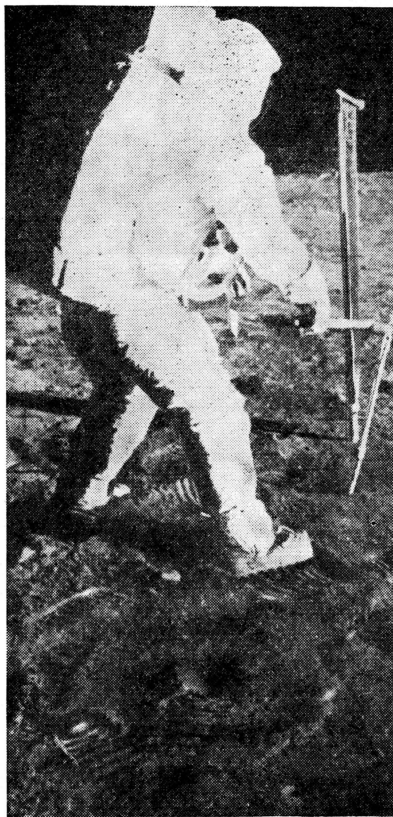
Физическая работа, которая выполнялась на поверхности Луны, заключалась в выгрузке и погрузке оборудования, переноске и установке оборудования для экспериментов, сборе образцов пород и бурении скважин для отбора проб грунта.

Перенос грузов осуществлялся различными способами. Космонавт переносил сразу оборудование для экспериментов, которое на Земле весит 74,3 кг (на Луне 12,4 кг). Дополнительный груз в некоторых случаях оказывался даже полезным, так как с увеличением веса усиливалась сила трения и создавалась большая устойчивость.

Для закрепления и переноски оборудования мы с удовольствием использовали ранец. При этом второй космонавт помогал нагружать и снимать груз.

В лунную кабину мы доставляли оборудование, используя тягу. Этот процесс на Луне значительно отличается от того, что мы привыкли делать в земных условиях. На Луне следует прилагать сравнительно небольшие усилия, хотя большой наклон тела может вызывать частые падения. Тем не менее мы намерены использовать этот принцип в дальнейшем, так как в скором времени на лунной поверхности придется перемещать значительно больше грузов. Следовало бы, конечно, изобрести специальное средство типа тележки-ришки для транспортировки оборудования.

При монтажке оборудования для исследования солнечного ветра, при



Введение штанг в лунный грунт

закреплении флагштока и при отборе проб грунта мы вводили штанги и грунтоносы. Экспедиция «Аполлона-11» ввела грунтоносы лишь на 20 см, но не до полного упора, однако было замечено, что с углублением сопротивление возрастало. Экипаж лунной кабины «Аполлона-12» сумел ввести грунтонос глубже.

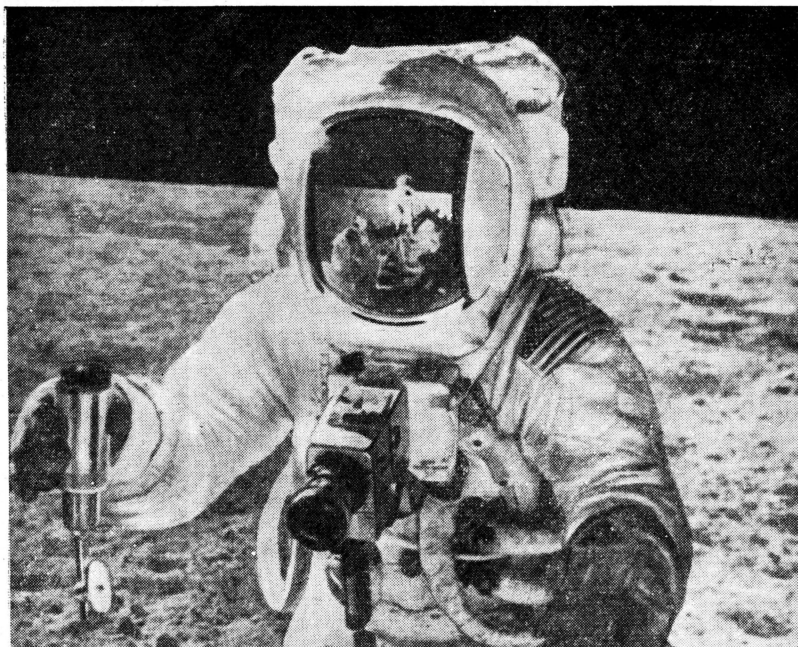
Интересные особенности выявились при сборе совком образцов лунного грунта. Сила трения, удерживающая образец в совке, пропорциональна весу образца на Луне, который, естественно, был весьма мал. Поэтому образец соскальзывал при самых небольших ускорениях. Открытым совком следует действовать гораздо медленнее и осторожнее, чем на Земле, если хочешь донести содержимое совка до контейнера. Хотя мы познакомились с этой особенностью в процессе подготовки к полету, я потерял довольно много материала во время сбора образцов.

Эффективность работы на поверхности Луны значительно снижается тем, что в скафандре трудно нагибаться, так как невозможно согнуть скафандр в талии или шее. При попытке нагнуться создается впечатление, будто спина и шея находятся в гипсовом корсете. Чтобы поднять какой-нибудь предмет, нужно потратить много труда и времени. Модификация скафандра может облегчить эти трудности, но, очевидно, в течение ближайших нескольких лет нельзя будет устранить эти недостатки.

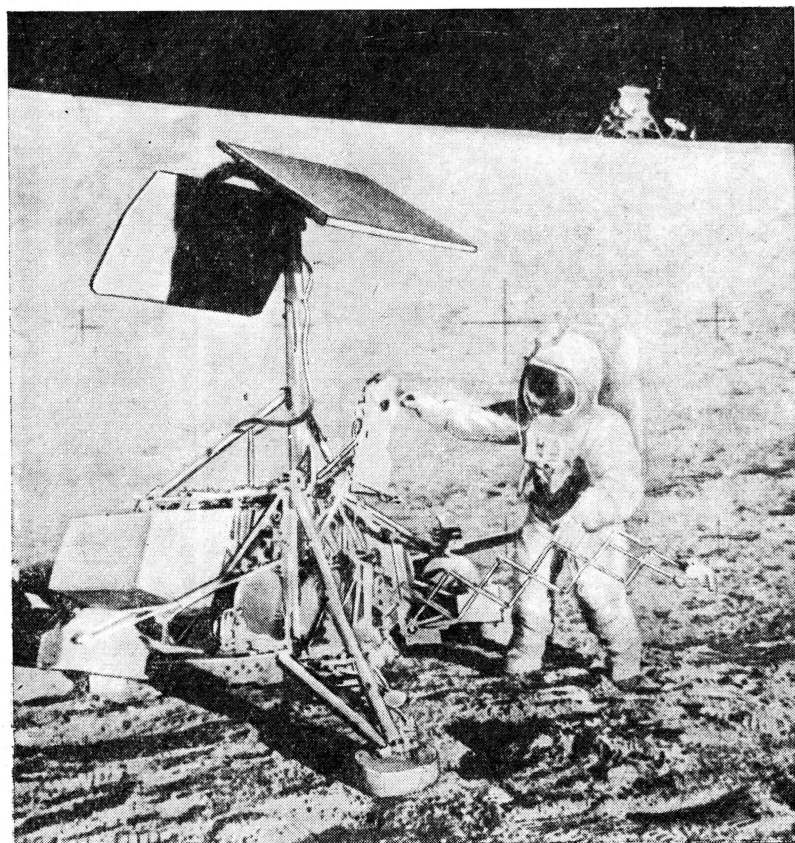
ФОТОГРАФИРОВАНИЕ

Фотографирование неподвижных предметов осуществлялось обычной широкоплечной 70-миллиметровой камерой «Хассельблад», снабженной автоматической подачей пленки. Камера несколько модифицирована. Пленка с тонкой подложкой позволила получить 160 кадров за один заряд камеры. Наводка производилась вручную. Видоискатель и экспонометр не использовались. Камера была ук-

Для перемещения грузов можно использовать принцип тяги



Космонавт с фотографической камерой на Луне



Космонавт у автоматической лунной станции «Сервейер»

реплена на пульте дистанционного управления, который размещен на груди космонавта. Повернувшись к объекту съемки, космонавт спускал затвор аппарата. Выдержки «по светам» и «по теням» сильно отличались, поэтому на верхней части камеры нанесена таблица выдержек для различных условий съемки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ НАГРУЗКИ

Определение рабочей нагрузки или расхода энергии человека, находящегося на поверхности Луны, является необходимым условием для планирования и осуществления исследований. При определении реальной рабочей нагрузки учитывались три фактора: сердечная деятельность, потребление кислорода и выделение тепла. Были созданы кардиотактические методы регистрации сердечной деятельности космонавта через каждые 30 секунд. Для постоянной записи телеметрической информации использовался самописец.

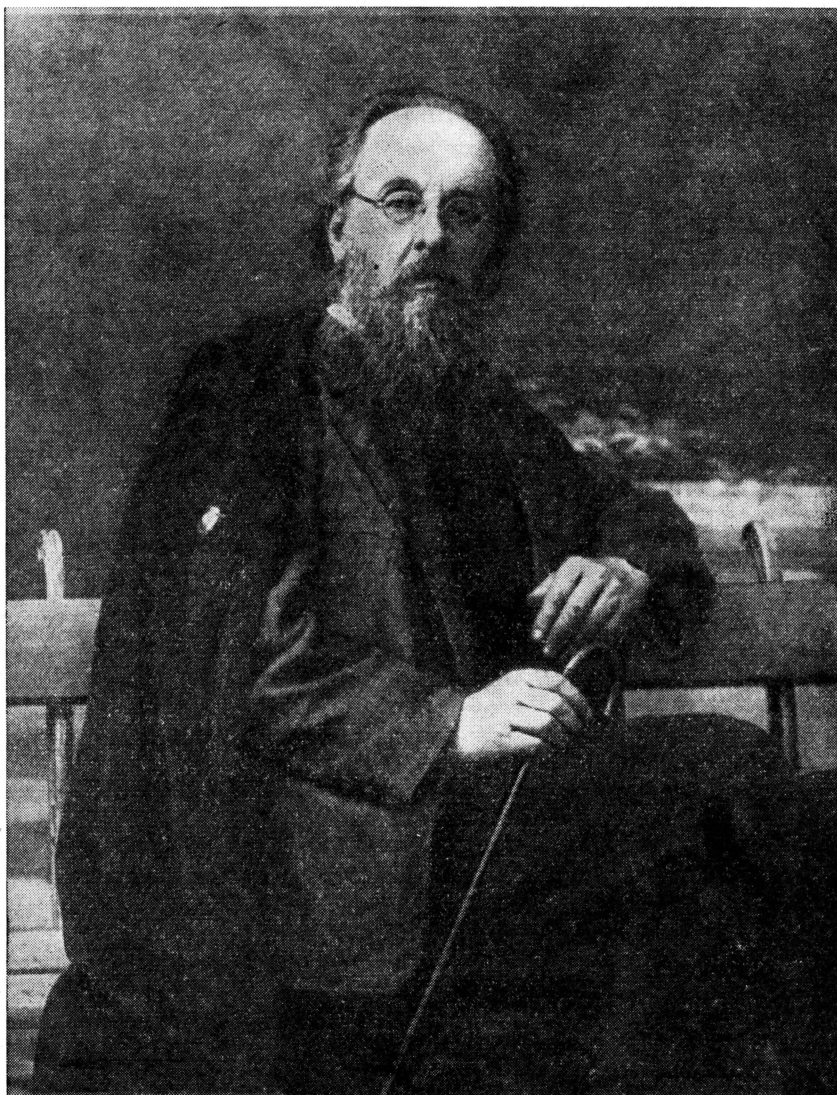
Расход энергии экипажа лунной кабины «Аполлона-11» колебался от 225 до 350 ккал/час при норме 275—300 ккал/час. Поэтому продолжительность лунных прогулок во второй лунной экспедиции была продлена до четырех часов.

Две экспедиции на космических кораблях «Аполлон-11» и «Аполлон-12» позволили накопить некоторые сведения о поведении человека на Луне. Созданное защитное оснащение помогло космонавтам жить и работать в условиях враждебного вакуума и аномальных температур. Лунное притяжение оказалось весьма благоприятным для работы космонавтов. Мы не обнаружили ни физических, ни психологических затруднений, которые помешали бы планировать дальнейшие исследовательские работы на поверхности Луны.

Совершенствование скафандров повысит эффективность деятельности на Луне и поможет провести более сложные и тонкие эксперименты. На ближайшее десятилетие можно планировать значительно более широкую программу исследований, которые намного увеличат наши знания и понимание природы естественного спутника Земли.



Научная фантазия в творчестве К. Э. Циолковского



К. Э. Циолковский

Фото 1924 г.

«Напрасно думают, что она [фантазия] нужна только поэту. Это глупый предрассудок! Даже в математике она нужна, даже открытие дифференциального и интегрального исчисления невозможно было бы без фантазии. Фантазия есть качество величайшей ценности».

(В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 45, стр. 126.)

«В самом простом обобщении, в самой элементарнейшей общей идее... есть известный кусочек фантазии». ...«Нелепо отрицать роль фантазии и в самой строгой науке».

(В. И. Ленин. Соч., изд. 4-е, т. 38, стр. 370.)

ТВОРЧЕСКАЯ МЕЧТА — НАЧАЛО НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ МИРА

Разрабатывая материалистическую теорию познания, классики марксизма неоднократно подчеркивали важность становления у познающего субъекта правильного научного мышления. Так, Ф. Энгельс указывает, что «законы мышления и законы природы необходимо согласуются между собой, если только они правильно познаны»*. Правильное научное мышление — это познание объективных законов природы адекватно их сущности, это вполне сознательное применение (использование) этих законов в интересах прогрессивного развития человеческого общества. В. И. Ленин писал: «Мышление, восходя от конкретного к абстрактному, не отходит — если оно правильное — от истины, а подходит к ней»**.

Одним из весьма существенных элементов правильного научного мышления (мышления, воспроизводящего в логике науки диалектику реального мира, диалектику реальных динамических процессов) является творческое воображение или научная фантазия. В многообразном содержательном творчестве К. Э. Циолковского научная фантазия занимает фундаментальное определяющее место. Циолковский считал, что с фантазии начинается научное познание мира. Главные произведения Константина Эдуардовича по аэродинамике, воздухоплаванию, ракетной технике, космонавтике, естествознанию, социологии и философии содержат большое число высказываний, которые можно определить как научную фантазию или научный прогноз. Циолковский был великим мастером строгого математического анализа («научного расчета» — по первому приближению) динамических процессов, примером чего служат его выдающиеся работы по аэронавтике и теории реактивного движения.

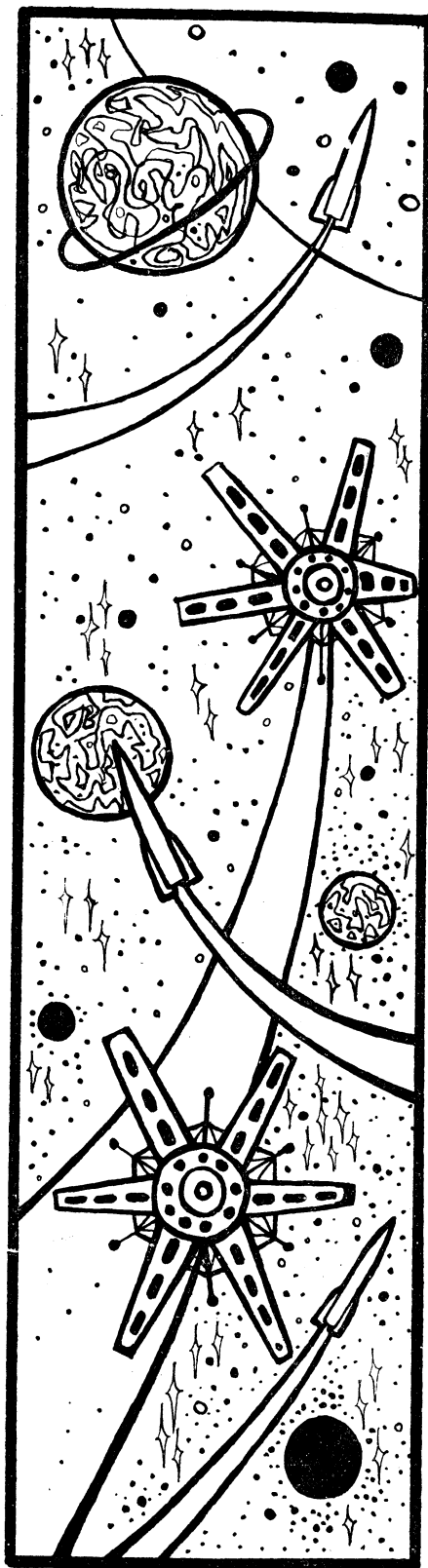
Необходимо подчеркнуть, что научная фантазия есть процесс в правильном познании мира, и следовательно, в творческом труде фантазия не только проявляется, но и формируется, обогащается, совершенствуется. Эта мысль подтверждается рядом научных прогнозов, сделанных К. Э. Циолковским.

ВДОХНОВЕНЬЕ — ЭТО ГОСТЬЯ, КОТОРАЯ НЕ ЛЮБИТ ПОСЕЩАТЬ ЛЕНИВЫХ

Тщательный анализ творческих взлетов фантазии у выдающихся людей прошлого и у наших современников весьма важен для воспитателей молодой научной смены. Выяснить, каков «механизм» возникновения новых идей, новых связей явлений, новых образов, новых соотношений весьма поучительно, так как понимание «механизма» открывает некоторые пути к его становлению и совершенствованию.

* Ф. Энгельс. «Диалектика природы». Госполитиздат, 1950 г., стр. 178.

** В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 38, стр. 161.



Рождение новой мысли есть хороший пример диалектического перехода количества в новое качество. Замечательна аналогия процесса возникновения новой научной мысли (плодотворной догадки) с процессом кристаллизации в достаточно насыщенном растворе. По-видимому, первым в литературу ввел «кристаллизацию» Стендаль. Вы систематически размышляете, «повышая концентрацию раствора», — и вдруг кристаллизация. В «растворе» целенаправленных размышлений («накопленных» размышлений) начинает расти кристалл новой мысли.

Вдохновение непременно сопутствует научной фантазии, но продуктивная (содержательная) научная фантазия редко рождается без предварительной систематической работы. Новые идеи подготавливаются трудом. «Чем шире, богаче, разнообразнее опыт человека (в нашем случае — опыт научных исканий. — А. К.), тем — при прочих равных условиях — богаче будет его воображение». * Но забывать о творческой настроенности души, или вдохновении, конечно, не следует.

Изучая творческую биографию К. Э. Циолковского, мы находим во многих его работах указания на определяющее значение научной фантазии для продуктивной творческой работы ученого. «Ученый должен быть наделен фантазией, — говорит Циолковский, — так как фантазия играет видную роль и в науке, и в искусстве. Фантазия необходима так же, как и кропотливый труд над собранным материалом. Без фантазии научная работа превращается в нагромождение фактов и умозаключений, пустых, художесных и зачастую бесплодных. ...В гармоническом сочетании научного исследования и научной фантазии лежит залог движения науки вперед» **.

Мы полагаем, что наиважнейшим в характеристике творческой личности является интегральный результат силы его фантазии, а именно эвристика фантазии, т. е. ее помощь научному открытию, формулировке новых научных результатов. Это важно потому, что целенаправленное изменение элементов структуры мозга пока недоступно человечеству, в то время как методы обучения и воспитания непрерывно совершенствуются, становясь доступными и понятными для многих.

Ученый должен обладать нравственным величием, без которого фантазия теряет крылья. Как сказал Альберт Эйнштейн, «моральные качества выдающейся личности имеют, возможно, большее значение для данного поколения и всего хода истории, чем чисто интеллектуальные достижения. Последние зависят от величия характера в значительно большей степени, чем это принято считать». Моральная и эстетическая сторона творчества Константина Эдуардовича, нравственные мотивы его исследовательской работы заслуживают специального изучения. На собрании, посвященном 70-летию юбилею К. Э. Циолковского, юбиляр сказал: «Я очень рад, что мои идеи в той или иной форме получили осуществление. Я не гонюсь за приоритетом, именем или славой. Я знаю, что я работал из всех сил и счастлив, если моя работа принесла хоть какую-нибудь пользу человечеству. А это для меня величайшее нравственное удовлетворение. Больше мне ничего не надо» ***.

НЕВОЗМОЖНОЕ СЕГОДНЯ СТАНЕТ ВОЗМОЖНЫМ ЗАВТРА

Смелые полеты научной фантазии в творческих исканиях К. Э. Циолковского являются, по существу, глубокими научно-техническими прогнозами или принципиальными научными гипотезами, часть из них уже подтверждена всем ходом развития человеческого общества.

* С. Л. Рубинштейн. Основы общей психологии. Учпедгиз, 1946 г., стр. 333.

** См. статью академика А. Е. Ферсмана «Анализ общих работ К. Э. Циолковского». Собр. соч. К. Э. Циолковского, т. IV, «Наука», 1964 г., стр. 433.

*** К. Э. Циолковский. Собр. соч., т. I, Изд-во АН СССР, 1951 г., стр. 119.

«Если бы человек был совершен-но лишен способности мечтать,... если бы он не мог изредка забегать вперед и созерцать воображением своим в цельной и законченной красоте то самое творение, которое только что начинает складываться под его руками, — то я решительно не могу себе представить, какая побудительная причина заставила бы человека предпринимать и доводить до конца обширнейшие и утомительные работы в области искусства, науки и практической жизни. Мечта какого-нибудь утописта, стремящегося пересоздать всю жизнь человеческих обществ, хватает вперед в такую даль, о которой мы не можем даже иметь никакого понятия.

...Сам мечтатель видит в своей мечте святую истину и он работает, сильно и добросовестно работает, чтобы мечта его перестала быть мечтою. Вся жизнь расположена по одной руководящей идее и наполнена самой напряженной деятельностью. Он счастлив, несмотря на лишения и неприятности, несмотря на насмешки неверующих и на трудности борьбы с укореившимися понятиями. Он счастлив, потому что величайшее счастье, доступное человеку, состоит в том, чтобы влюбиться в такую идею, которой можно посвятить безраздельно все свои силы и всю свою жизнь».

(Д. И. Писарев. Соч., т. 3, 1956 г., стр. 148—149)

Еще в 1897 г. Циолковский ясно представлял себе, что развитие аэронавтики и ракетной техники невозможно без аэродинамических экспериментов, позволяющих количественно, с достаточной точностью определять силы воздействия воздушного потока на реальные конструкции летательных аппаратов. Определения аэродинамических сил можно производить в лаборатории, создавая искусственный равномерный поток воздуха в аэродинамической трубе. Циолковский писал: «В последнее время, производя проверочные опыты, я придумал делать их по совершенно новому методу и при искусственном ветре (лопастная воздуходувка — род большой веялки). ...Опыты подтвердили данные нами формулы: и для взятой модели я получил коэффициенты сопротивления, постепенно уменьшающиеся с увеличением быстрого искусственного воздушного потока. Новые методы позволяют производить исследования во всякое время и с достаточной точностью; они также весьма удобны для демонстрирования»*. А в 1899 г. Циолковский уже утверждал: «Прибор (аэродинамическая труба), устроенный мною, так дешев, удобен и прост, так быстро решает неразрешимые теоретически вопросы, что должен считаться необходимою принадлежностью каждого университета или физического кабинета»**.

Как известно, Циолковский в 1900 г. получил от Российской Академии наук 470 рублей на производство опытов по сопротивлению воздуха. На эти деньги он построил новую аэродинамическую трубу и выполнил большую программу аэродинамических экспериментов. В 1902 г. Константин Эдуардович писал академику М. А. Рыкачеву: «Я мечтаю о построении обсерватории по сопротивлению воздуха. ...В такой обсерватории... удобно было бы повторять опыты для ученых, желающих проверить эти опыты... Дело это великое, чрезвычайно великое, как океан»***.

Научный прогноз Циолковского блистательно подтвердился в XX столетии. В наши дни аэродинамические трубы различных конструкций получили необычайно широкое распространение. Все авиационные вузы и техникумы, почти все крупные университеты имеют аэродинамические лаборатории (или «обсерватории», как говорил Циолковский). Во многих странах созданы специализированные крупные аэродинамические лаборатории. Мировую известность получил наш Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), располагающий современным набором разнообразных аэродинамических труб.

В качестве второго примера научной фантазии Циолковского приведем грандиозную программу поступательного развития ракетной техники и космонавтики, которую наметил Константин Эдуардович в конце своей работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Он выделяет следующие «грубые ступени» развития и преобразования аэропланного дела, достигающего высших целей.

1. Устраивается ракетный самолет с крыльями и обыкновенными органами управления. Цель — научиться управлять аэропланом с ракетным двигателем, регулировать тягу и планировать при выключенном двигателе. (Этот пункт программы начал осуществляться в нашей стране в 1942 г., когда были совершены первые полеты летчиком Г. Я. Бахчиванджи на самолете с ракетным двигателем, созданным под руководством известного советского конструктора В. Ф. Болховитина.)

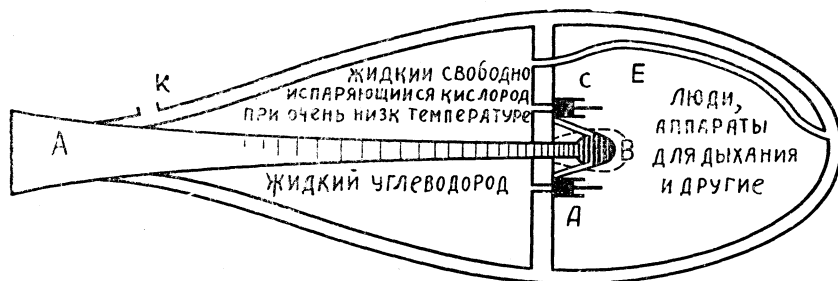
2. Крылья последующих самолетов надо понемногу уменьшать, силу тяги и скорость увеличивать.

* См. журнал «Вестник опытной физики и элементарной математики», № 258 и 259, Одесса, 1897 г.

** К. Э. Циолковский. Собр. соч., т. I, Изд-во АН СССР, 1951 г., стр. 259—260.

*** К. Э. Циолковский. «Общественная организация человечества». (Вычисления и таблицы). Изд-ние автора, Калуга, 1928 г., стр. 28—29.





Ракета К. Э. Циолковского, проект 1915 г. Чертеж К. Э. Циолковского

«То, что называют бессознательным в умственной жизни человека, то есть в науке и искусстве, есть не что иное, как накопленное размышление».

(Г. Ж о л и. Психология великих людей. СПб, 1890 г.)

«Воображение принимает не менее участия в творчестве геометра, чем у поэта в минуты его вдохновения».

(Ж. Д'А л а м б е р)

«Вдохновение нужно в поэзии, как и в геометрии».

(А. С. П у ш к и н. Полн. собр. соч., Изд-во АН СССР, т. VII, 1949 г., стр. 41)

3. Проникновение в очень разреженные слои атмосферы.

4. Полет за пределы атмосферы и спуск планированием.

5. Основание подвижных станций вне атмосферы. (Создание искусственных спутников Земли начало успешно осуществляться с 4 октября 1957 г., с момента запуска первого в мире советского искусственного спутника Земли.)

6. Использование космонавтами энергии Солнца для... питания и других житейских целей.

7. Устраиваются эфирные скафандры — герметическая одежда для безопасного выхода из ракеты в эфир. (Первый в мире выход космонавта из космического корабля «Восход-2» в открытый космос, по Циолковскому — в эфир, в скафандре с индивидуальной системой жизнеобеспечения состоялся 18 марта 1965 г., когда советский космонавт А. А. Леонов пробыл вне корабля 10 минут.)

8. Вокруг Земли устраиваются обширные поселения.

.....

16. «Начинается угасание Солнца. Оставшееся население солнечной системы удаляется от нее к другим солнцам, к ранее улетевшим братьям» *

Масштабность фантазии поразительна. И если осуществление прогноза о выходе в эфир свершилось через 39 лет после опубликования в Калуге работы Циолковского, то до осуществления прогноза о переселении человечества к другим «солнцам» должны, по-видимому, пройти миллиарды лет.

В рассмотренных двух примерах научной фантазии (и это характерно для большинства прогнозов Циолковского) важно отметить, что основой фантазии является огромная напряженная исследовательская работа над конкретными (и близкими по научной проблематике) научно-техническими задачами. Так, прогнозируя в 1899 г. будущее аэродинамических труб, необходимых для научно-технического прогресса аэродинамики и конструирования летательных аппаратов, Циолковский хорошо понимал полную беспомощность гидродинамики идеальной жидкости XIX в. при вычислении подъемной силы и лобового сопротивления тел самых простых геометрических очертаний. Он также знал, работая над созданием дирижабля, что только из аэродинамического эксперимента можно получить близкие к реальным значения аэродинамических сил. В 1897 г. он построил первый вариант «воздуходувки» и собственноручно провел большую серию аэродинамических экспериментов, в частности, определил сопротивление трения.

Рисую увлекательные картины космического полета в условиях невесомости и формулируя беспрецедентный прогноз прогресса науки и человечества на миллиарды лет, Циолковский имел «в своем портфеле» более 20 работ по

* Некоторые дословные формулировки взяты из книги К. Э. Циолковского «Реактивные летательные аппараты». «Наука», 1964 г., стр. 271—273.

теории реактивного движения, ряд изобретательских предложений для космических ракет и ракетных двигателей, а также основополагающие исследования в области космонавтики.

Мы привели лишь некоторые примеры, характеризующие научное воображение К. Э. Циолковского. Поразительные научные прогнозы содержатся также и в его работах: «Животное космоса», «Будущее Земли и человечества», «Живые существа в космосе», «Растения будущего», «Общественная организация человечества» и других*.

НАУЧНАЯ ФАНТАЗИЯ — ЭТО СОЗДАНИЕ НОВЫХ ИДЕЙ НА ОСНОВЕ ИМЕЮЩИХСЯ ЗНАНИЙ

Материалом для подлинно научной фантазии служат образы памяти, т. е. запасы старых идей, впечатлений и восприятий внешнего мира, без которых невозможна научная работа, а следовательно, и научная фантазия, предшествующая логическим доказательствам истины. Можно ли совершенствовать способность создания новых идей у каждого индивидуума? Конечно, способности к созданию новых идей (т. е. научной фантазии) развиваются не у всех людей одинаково. Творцом нового можно стать при условии, что вы унаследовали некоторые благоприятствующие задатки и предрасположение к систематическому размышлению, ежедневному труду. Следует напомнить здесь мысль известного современного американского математика Д. Пойа — «Для того, чтобы быть хорошим математиком... или хорошим специалистом в любой области, вы должны уметь хорошо догадываться (догадка = научная фантазия — А. К.). Для того чтобы уметь хорошо догадываться, вы должны, я бы полагал, прежде всего, иметь природные способности. Однако иметь природные способности недостаточно. Вы должны исследовать ваши догадки, сравнивать их с фактами, видоизменять их, если необходимо, и, таким образом, приобрести широкий (и глубокий) опыт в догадках, которые сбылись. С таким опытом в своем подсознании вы, возможно, сумеете более основательно судить о том, какие догадки могут оказаться правильными, а какие нет». **.

Важнейшим признаком плодотворной научной фантазии является умение данного индивидуума претворять научную фантазию в научную истину. Но, как правильно отметил известный советский психолог С. Л. Рубинштейн, «для того чтобы преобразовывать действительность на практике, нужно уметь преобразовывать ее и мысленно»***. Это полностью совпадает с известным высказыванием Циолковского: «Однако нельзя не быть идее: исполнению предшествует мысль, точному расчету — фантазия»****.

КАК ФОРМИРОВАТЬ ЭЛЕМЕНТЫ НАУЧНОЙ ФАНТАЗИИ

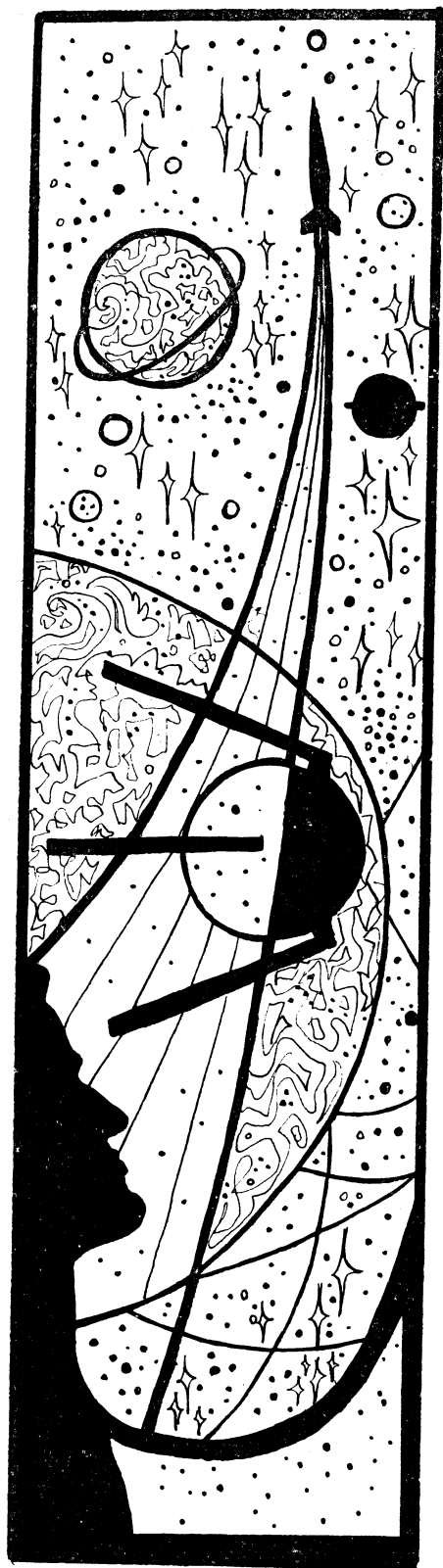
Мы попытаемся перечислить рекомендации, которые, с нашей точки зрения, могут быть полезными для становления элементов научной фантазии. Некоторые рекомендации подтверждаются многолетним опытом работы со студентами и аспирантами в советской высшей школе. Вот что надо иметь в виду, формируя новых исследователей.

* См. также сборник научно-фантастических произведений К. Э. Циолковского «Путь к звездам». Изд-во АН СССР, 1960 г.

** Д. Пойа. Математика и Правдоподобные рассуждения. Инлитиздат, 1957 г., стр. 138—139.

*** С. Л. Рубинштейн. Основы общей психологии. Учпедгиз, 1946 г., стр. 324.

**** К. Э. Циолковский. Реактивные двигательные аппараты. «Наука», 1964 г., стр. 189.



— В детские годы: сказки родной страны, романы и повести фантастов (например, Жюль Верна); чтение с пояснениями произведений серьезных популяризаторов науки (начиная с XIX в.); чтение вслух стихов выдающихся поэтов. Мы убеждены, что хорошее стихотворение развивает полеты воображения в ярких образах, в неожиданных сравнениях и сопоставлениях; хорошие стихи очень часто суть глубокие интуитивные догадки*.

— В ранние юношеские годы: самообразование, поиск (тренировка способности искать) новых оригинальных доказательств известного; решение (вполне самостоятельно) трудных задач «с изюминкой» по физике и математике; чтение классических (и нравящихся) произведений науки, техники, философии, литературы с обязательными записями в «заветную» тетрадь хороших мыслей; систематические записи своих мыслей (впечатлений, сравнений, размышлений и т. п.) в дневник; участие в технических кружках и олимпиадах; репетиторство (или помощь товарищам).

Заметим (без анализа статистических данных), что подавляющее большинство учащихся «разночинцев» (в царской России), из которых выросли выдающиеся ученые и инженеры, в гимназические и студенческие годы подрабатывали на жизнь репетиторством. Репетиторство существенно помогло формированию крупнейших механиков России: Н. Е. Жуковского, К. Э. Циолковского и С. А. Чаплыгина.

— В студенческие и аспирантские годы: стремиться реализовать на деле известную мысль Циолковского, который писал в автобиографии: «Я учился, творя»; поставить требование, чтобы формирующаяся научная фантазия почаще переходила в логически безупречные доказательства научной истины; развивать критичность и скептицизм к маниловщине в научных работах; последовательно и ежедневно овладевать математическим языком динамических процессов (теория дифференциальных уравнений, вариационное исчисление, теория оптимальных процессов); уделять внимание изучению различных явлений природы, описываемых одинаковыми дифференциальными уравнениями (теория колебаний, теория потенциала, теория динамических систем с обратными связями и другие), помня замечательную мысль В. И. Ленина — «Единство природы обнаруживается в «поразительной аналогичности» дифференциальных уравнений, относящихся к различным областям явлений»**.

Хотелось, хотя бы схематически, охарактеризовать следующими чертами идеал умного интересного преподавателя.

— Он знает, что владеть думами молодого поколения можно, только показывая красоту и действенность человеческой мысли.

— Он любит своего слушателя, и потому старательно (от лекции к лекции, из года в год) совершенствует форму изложения.

— Он стремится сделать лекцию содержательной (высокоинформативной) и захватывающей (пленяющей).

— Он читает тенденциозно, окрашивая все научные открытия своей индивидуальностью, своим восприятием явлений.

— Он непрестанно думает о дальнейшем развитии отечественной науки и культуры, воспитывая достойных строителей нового общества.

— Он читает так, что содержание любой лекции каждый раз является для него волнующим научным открытием — он окрылен процессом передачи знаний.

— Он обязательно ведет практические занятия по своему курсу, работает в научном кружке и регулярно выявляет способных одаренных студентов, настойчиво и последовательно приучая их к самостоятельной творческой деятельности. Его девиз: учеба + творчество.

* «Воображение — это первая ступень и основание всей поэзии», — утверждает Фредерикс Гарсиа Лорка.

** В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 306.

А. А. КОСМОДЕМЬЯНСКИЙ
профессор



Давид Альбертович Франк-Каменецкий

2 июня 1970 г. после тяжелой и продолжительной болезни скончался известный ученый, доктор физико-математических наук, профессор Давид Альбертович Франк-Каменецкий.

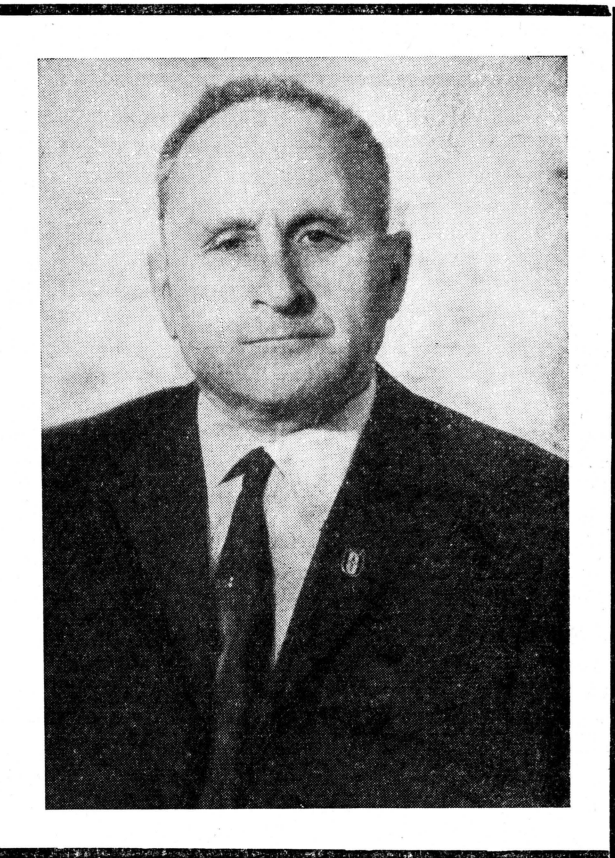
Д. А. Франк-Каменецкий родился 3 августа 1910 г. в Вильнюсе в семье ученого-химика. Окончив Томский технологический институт, он получил специальность инженера-металлурга.

В 1935 г. Д. А. Франк-Каменецкий начал научную деятельность в Институте химической физики АН СССР. Он много работал в области химической кинетики и внес большой вклад в разработку теории горения и теплового взрыва. В расцвете своего таланта Д. А. Франк-Каменецкий вместе с другими ведущими физиками нашей страны отдал много сил и энергии решению важных проблем государственного значения. За заслуги перед наукой Советское правительство наградило его орденами Ленина и Трудового Красного Знамени. Он был трижды удостоен звания лауреата государственной премии.

С 1956 г. Д. А. Франк-Каменецкий работал над проблемами физики плазмы в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова. По его инициативе была создана кафедра физики плазмы в Московском физико-техническом институте. Давид Альбертович руководил этой кафедрой до конца жизни, передавая свои знания молодому поколению. Многие его ученики стали кандидатами и докторами наук.

Ученый широкого диапазона, Давид Альбертович очень много сделал и для развития советской астрофизики. Внутреннее строение звезд, теория пульсаций переменных звезд, взрывы Новых и Сверхновых звезд, теория термоядерных реакций в звездах и теория происхождения химических элементов — вот далеко не полный перечень разделов астрофизики, в разработке которых принимал участие Давид Альбертович с плеядой своих учеников.

Д. А. Франк-Каменецкий был блестящим педагогом и популяризатором науки. Написанная им специальная книга «Физические процессы внутри звезд» стала в один ряд с известными монографиями Эддингтона, Чандрасекара, Шварцшильда. Простота, ясность изложения и литературное мастерство, с которым написана эта книга, сделали ее полезной не только для специалистов, но и для студентов, только начинающих изучать астрофизику. Хорошо известна читателям популярная книга «Плазма — четвертое состояние вещества», выдержавшая несколь-

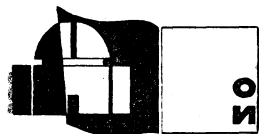


ко изданий. Большую неустанную работу вел Д. А. Франк-Каменецкий в журнале «Природа» и во Всесоюзном обществе «Знание». Он старался как можно скорее донести до широких масс новые достижения науки. В каждой фразе, произнесенной им на лекции или в личной беседе, чувствовалась прежде всего любовь к людям.

Жизнь Давида Альбертовича — пример безграничной преданности науке, которую он считал общественным, коллективным делом, а не привилегией одиночек.

Весть о смерти Д. А. Франк-Каменецкого глубоким прискорбием отозвалась в сердцах всех, кто знал его лично, работал вместе с ним, слушал его блестящие лекции или читал его книги и статьи, а таких — миллионы.

Г р у п п а т о в а р и щ е й



АНТОНИН РЮБЛ

Две английские обсерватории

Турист, путешествующий по Англии, не может пожаловаться на недостаток впечатлений. Это относится, конечно, не только к астрономам, которые, естественно, в первую очередь будут искать то, что связано с их специальностью. Путешествующий астроном первым делом должен посетить старую обсерваторию — ныне астрономический музей в Гринвиче — и в этом историческом месте перешагнуть с восточного на западное полушарие через нулевой меридиан, нарисованный белой краской. Но я хочу рассказать о других местах, представляющих особый интерес для друзей астрономии, — о древнейшей и о самой современной обсерваториях на территории Англии.

СТОУНХЕНДЖ — ОБСЕРВАТОРИЯ КАМЕННОГО ВЕКА. Примерно в 10 км севернее города Солсбери в Южной Англии местность слегка холмистая, почти голая, безлюдная и хмурая в туманную погоду. На возвышенности, видимой издали, воздымаются к небу развалины каменного исполина Стоунхенджа. К нему ведет прекрасное шоссе. Но приблизившись, вы обнаружите, что Стоунхендж со всех сторон обнесен колючей проволокой и что нет здесь ни въезда, ни входа. Оглядевшись, вы заметите указатель, который объясняет, что на другой стороне шоссе есть стоянка автомашин. И действительно, за волной небольшого холма скрыта стоянка внушительных размеров. Вы выходите из машины, ищите переход через шоссе, чтобы попасть за колючую проволоку. В стороне, на стенке, которую вы сначала не заметили, еще один указатель с надписью «Tickets», направлен-

ный куда-то в сторону от Стоунхенджа, в поле. Оказывается, за этой стенкой есть не только билетная касса, но и киоск с сувенирами, ларек с холодильными напитками. И все это спрятано в углублении, ниже уровня земли. Отсюда туннель, проложенный под шоссе, ведет вас к каменным постройкам. Стоя около древней обсерватории, вы можете убедиться, что ничто не нарушает первозданности всей панорамы: английские хранители старины — знатоки своего дела.

Туристский инстинкт гонит посетителя прежде всего в центр Стоунхенджа, чтобы с восхищением полюбоваться монументальным произведением древности, возраст которого три с половиной тысячи лет. И если турист недостаточно информирован, он покинет эту группу каменных глыб с уверенностью, что он «сделал» Стоунхендж (ведь часто турист хвалится тем, сколько городов он «сделал» за единицу времени).

Но посвященный в тайну Стоунхенджа сперва обойдет каменные развалины на почтительном расстоянии вдоль кругового рва диаметром 90 м. У внутреннего края рва он заметит 56 первоначально имевшихся здесь ямок, расположенных точно по окружности на равных расстояниях друг от друга. На окружности находятся и четыре наблюдательных пункта. Два из них отмечены камнями, а другие ограничены неглубокими канавками. После осмотра развалин турист обязательно подойдет к Солнечному камню — высокому менгиру весом 35 т, одиноко стоящему в 76 м от центра постройки в северо-восточном направлении. Кольцо из 56 ямок, четыре наблюдательных пункта, центр постройки (ничем не отмеченный) и Солнечный камень — это самые древние и самые главные объекты Стоунхенджа, возведенные около 1800 до н. э. Они дают право предполагать, что в этом виде постройка вполне

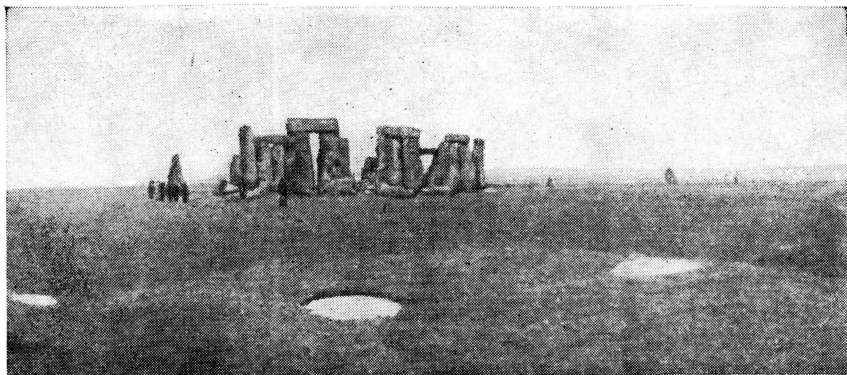
могла быть астрономической обсерваторией.

Как показали исследования, мощная каменная ограда, вертикальные столбы которой возвышаются на 4 м и весят примерно по 25 т, появилась позже. Наверху столбы были соединены обработанными с большой точностью прямоугольными плитами, закрепленными каменными шипами. Внутри каменной ограды диаметром 30 м сохранились четыре из пяти находившихся там трилитов. Трилит — это три камня: два вертикальных, перекрытых горизонтальным. Они больше всего привлекают внимание посетителей: ведь и в наше время не пустяк обработать вручную, доставить на место, поднять и установить каменный параллелепипед длиной 9 м и весом 45 т — таковы высота и вес самого большого камня в Стоунхендже. Что ж это за люди, способные совершить такую огромную работу практически голыми руками? В старинных изданиях можно найти, что это, якобы, были друиды — кельтские жрецы. Но они жили в Англии, когда Стоунхендж уже был покинут. Строители Стоунхенджа не знали письменности, а потому тем более удивительно то, что они сумели сделать.

Подробное описание Стоунхенджа как астрономической обсерватории заняло бы слишком много места. Скажу только, что астрономическое назначение Стоунхенджа сейчас вне всякого сомнения. Большая заслуга в исследовании этого вопроса принадлежит профессору Бостонского университета Дж. Хоукинсу. Правда, пока не ясно, в какой мере сегодня мы сумеем правильно описать и реконструировать все способы использования обсерватории (не исключено, что она предназначалась и не для астрономических наблюдений).

Стоунхендж мог служить каменным календарем, по которому следили за явлениями, связанными со сменой

«Rise hvezd», 3, 1969 г. Сокращенный перевод с чешского М. М. Шемьякина.



Каменные развалины древней обсерватории Стоунхендж. Точно по кругу расположены ямки, засыпанные мелом

времен года, и предсказывали их. Система, состоящая из четырех пунктов наблюдения, Солнечного камня, центра постройки и нескольких камней меньшего размера, определяет линии, точно ориентированные (с ошибкой в пределах 1°) в направлении, где восходит или заходит Солнце в дни равноденствий и солнцестояний. Ранее других обнаружены: линия, соединяющая центр постройки с Солнечным камнем и направленная в точку восхода Солнца в день летнего солнцестояния, а также линии, которые соединяют противоположные пары наблюдательных пунктов.

Во время летнего солнцестояния склонение Солнца примерно $+24^\circ$; во время зимнего около -24° , а во время равноденствий оно равно 0° . Этим величинам соответствуют для данной географической широты определенные азимуты точек восхода и захода Солнца.

Сложнее изменяются азимуты точек восхода и захода Луны. Путь Луны отклоняется от эклиптики на 5° , и точки пересечения лунной орбиты с эклиптикой — узлы лунной орбиты — смещаются вдоль эклиптики, делая полный оборот за 18,6 лет. Поэтому склонения Луны колеблются от $\pm 19^\circ$ до $\pm 29^\circ$ и соответственно изменяется положение точек восхода и захода Луны на горизонте для данного места.

Как показал Дж. Хоукинс, положение камней в Стоунхендже определяет на горизонте точки со склонениями $\delta = 24m + 5n$, где m и n равны 0 либо ± 1 . Совершенно невероятно, что строители Стоунхенджа случайно выделили эти точки. Разумеется, отметки сделаны не на основании вычислений (тогда еще не могли знать причин изменения азимута). Строите-

ли Стоунхенджа отмечали только то, что они видели, наблюдая Солнце и Луну.

Последние сомнения в том, что Стоунхендж — каменный календарь, рассеялись, когда было найдено несколько десятков ямок, в которых лежали шары, расположенные в направлении Солнечного камня (если смотреть из центра постройки). Все ямки находятся в секторе азимутов, соответствующих восходу и заходу Луны в полнолуние, ближайшее к зимнему солнцестоянию при перемещении линии узлов. Эти ямки — следы отметок.

Разумеется, прошло много десятилетий, прежде чем строителям удалось найти все направления и окончательно отметить их с помощью камней. Высшим достижением была установка пяти трилитов в середине каменной ограды. Через узкие просветы между вертикальными столбами трилитов и через находящиеся против них просветы в каменной ограде всегда можно видеть только одну или две точки на горизонте, опять-таки точно соответствующие местам, где восходят или заходят Солнце или Луна при предельных значениях склонения.

Возможно, Стоунхендж использовали для астрономических целей и по-другому. Правильное расположение 56 ямок на окружности, а также концентрические круги меньшего диаметра, отмеченные 30 и 29 ямками и 59 небольшими камнями, — все это могло служить не только календарем.

Несомненно, что Стоунхендж дает возможность косвенно следить за движением линии узлов лунной орбиты, взаимным расположением Солнца и Луны. Таким образом можно по-

лучить все данные для предсказания затмений Солнца и Луны. Но знали ли об этом строители Стоунхенджа? Дж. Хоукинс, а позже и Ф. Хойл предложили несложные способы использования большого круга из 56 ямок как вычислительной машины для предсказания затмений. Взаимное расположение Солнца и Луны при этом моделируется несколькими камнями, закономерно размещенными в ямках. Оба варианта «действуют», но трудно решить сейчас, какой из них применялся в каменном веке и не было ли еще и третьего.

Покидая Стоунхендж, вы уносите оттуда множество интересных впечатлений и вопросов. Вы проникаетесь большим уважением к людям, жившим задолго до вас. Кстати, даже название «Стоунхендж» отвечает назначению этой постройки: «stone» в переводе с английского «камень», а «henge» — старинная форма слова «hinge», что в данном случае может означать «центр вращения». Стоунхендж — каменный храм, вокруг которого вращается Вселенная. Это одно из тех мест, где зарождалась астрономия. Это — «Мекка» астрономов и каждый друг астрономии должен хоть однажды совершить туда паломничество.

НАРОДНАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ДЖОДРЕЛ БЭНК. Прежде всего, приношу извинения за то, что всемирно известный центр радиоастрономии я назвал просветительным учреждением; но дальше все будет поставлено на свои места.

Обсерватория Джодрел Бэнк находится в ведении Манчестерского университета и расположена в 20 км южнее Манчестера. Все ее знают как центр наблюдения космических зондов. Для каждого астронома обсерватория Джодрел Бэнк связана с представлением о 76-метровом радиотелескопе «Марк I». Этот гигант поистине господствует над всей окружающей равниной и хорошо виден за много километров.

Пожалуй, именно радиотелескоп и привлекает сюда туристов. А надо сказать, что турист — желанный гость в Джодрел Бэнк. Для его автомашины приготовлена стоянка, а для самого туриста — специальное здание по соседству с радиотелескопом. Наличие такого здания на территории обсерватории Джодрел Бэнк и заставляет говорить о ней, как о народной радиообсерватории. На первом этаже здания — обширное фойе, лекционный зал на 80 человек и галерея. Осмотр обычно начинается с лекционного зала, где посетители знакомят с обсерваторией и ее назначением. Лекция сопровождается цветными диапозитивами и непрерывно повторяется.

Из лекционного зала посетители

переходят в фойе, где размещена выставка прекрасно выполненных моделей и наглядных пособий. Разумеется, основные ее темы—радиоастрономия и космонавтика. Посетитель может «поиграть» почти любой моделью, руководствуясь приложенной инструкцией. А работают все модели идеально!

На двух вращающихся столах помещены действующие модели радиотелескопов. На расстоянии нескольких метров на подставке укреплен небольшой «радиисточник» (передатчик), и вы можете сами настроить радиотелескоп на этот объект, поворачивая зеркало по азимуту и высоте, и наблюдать на осциллографе пойманный сигнал. То же можно повторить на двух других моделях радио-

телескопов, включенных по схеме интерферометра.

Очень ценный экспонат выставки — настоящий радиотелескоп с зеркалом диаметром 5 м, установленный перед зданием. Посетитель видит его сквозь стеклянную стену фойе и может управлять им, пользуясь несложным наставлением, находящимся тут же на пульте управления. Есть здесь и таблица горизонтальных координат Солнца для каждой десятой минуты звездного часа, а сам циферблат звездных часов находится на стене. Посетитель может установить радиотелескоп в соответствии с азимутом и высотой Солнца в данный момент, наблюдая при этом за его движением в окне. Затем, нажав кнопку, можно привести в действие регистрирующее устрой-

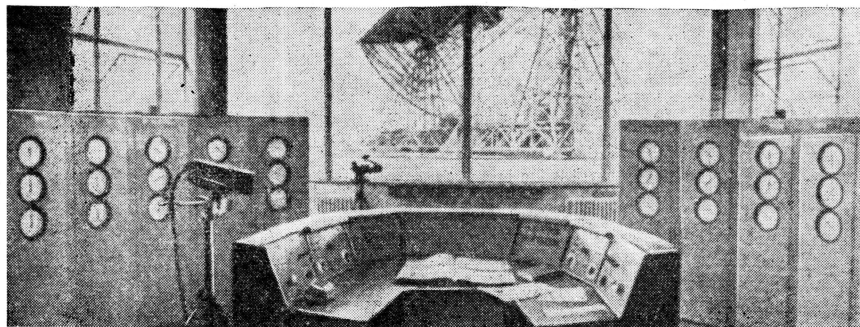
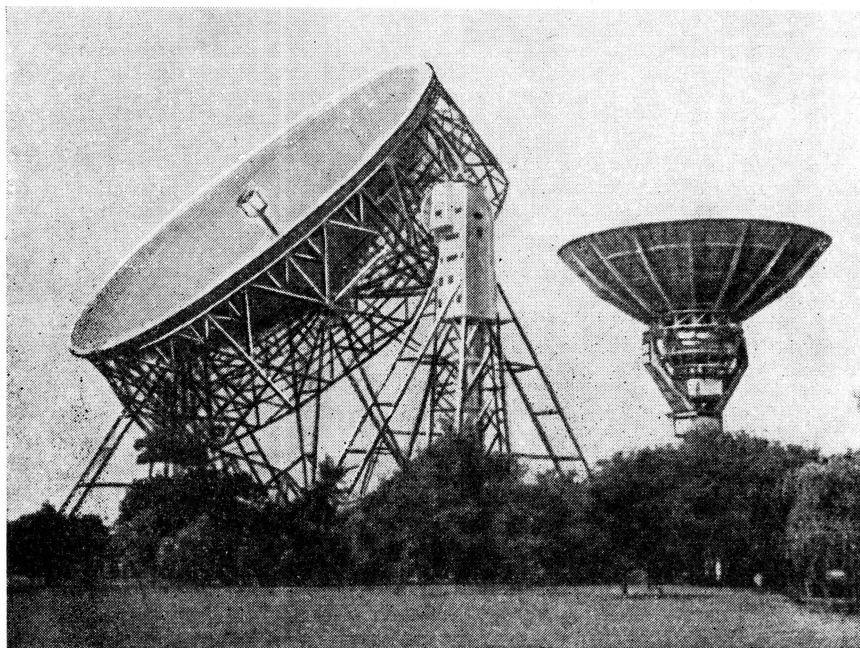
ство, которое отмечает радиоизлучение Солнца.

Большой интерес вызывают и другие экспонаты выставки, например, камера Бэкера-Нанна для наблюдения искусственных спутников Земли, копия английского спутника «Ариэль», звездный глобус с смонтированной в него моделью солнечной системы (механический планетарий) и множество стендов, посвященных главным образом последним достижениям в исследовании космоса. Один из стендов рассказывает о текущей работе обсерватории, о результатах, полученных на сегодняшний день. Во время нашего посещения в августе 1968 г. стенд был заполнен материалами о квазарах и пульсарах. Нажав кнопку, мы услышали краткое пояснение к представленному материалу.

В фойе туриста манят к себе книжный киоск, где продается специальная и популярная литература, карты, цветные диапозитивы и т. д. Следующий приятный сюрприз ожидает его в галерее, откуда можно с близкого расстояния обозреть и сфотографировать стальное чудо «Марк I». Рабочие помещения обсерватории совершенно изолированы от здания для посетителей и вход в них разрешен только сотрудникам обсерватории. Но туда пускают и гостей, если они имеют письменное разрешение директора обсерватории. Впрочем, это не значит, что рядовой посетитель Джодрел Бэнк будет чувствовать себя незваным гостем.

Форму популяризации серьезных научных исследований, существующую в Джодрел Бэнк, можно сравнить с практикой народных обсерваторий Чехословакии. И в том, и в другом случае есть, вероятно, какие-то свои преимущества и особенности, связанные с историческим развитием и местными условиями. Но, конечно, не всякая народная обсерватория может дать посетителю реальное ощущение того, что он присутствует в мировом научно-исследовательском центре и знакомится с совершеннейшей техникой приборов и инструментов и что телескоп — это таинственное сооружение, в которое вложены огромные средства, имеет важное значение для науки, общества и для него самого — гражданина данного государства.

Покидая обсерваторию, гость берет красивый красочный билет, приглашающий его посетить расположенное недалеко поместье Кэпстхорн с его обширными садами, прудом и другими достопримечательностями. Большинство туристов принимают это предложение, а уходя из Кэпстхорна, рядом с латами, родословными, портретами предков, алебардами они найдут и большую модель знаменитого радиотелескопа «Марк I», и листок с приглашением в прославленную обсерваторию Джодрел Бэнк.



«Марк I» — 76-метровый радиотелескоп обсерватории Джодрел Бэнк. Внизу — пункт управления телескопом



УЧЕНЫЕ ОБСУЖДАЮТ ПРОБЛЕМУ ПУЛЬСАРОВ (I Международная конференция по проблеме пульсаров. Рим, 18–20 декабря 1969 г.)

Сенсационное открытие в 1968 г. пульсирующих источников космического радиоизлучения — пульсаров заставило многие радиоастрономические лаборатории заняться интенсивными исследованиями их свойств. Вскоре было получено много фактов, в некоторой степени объяснивших загадочные свойства пульсаров и определивших место их среди других астрофизических объектов.

Самая удивительная особенность радиоизлучения пульсаров — чрезвычайно большая точность (до восьмой цифры после запятой!), с которой поддерживается период следования импульсов. Естественно связать такую строгую периодичность с быстрым вращением объекта. Периоды пульсаров оказались порядка 1 секунды и даже меньше, вплоть до 0,01 секунды. Вращение сколь-нибудь большого объекта с такой угловой скоростью невозможно. Действительно, если твердое тело вращается с периодом 0,01 секунды, то уже на расстоянии $3 \cdot 10^8$ см от центра вращения скорость достигает световой. Радиус столь быстро вращающегося тела должен быть еще меньше, чтобы скорость вращения на периферии не превышала космическую скорость, иначе гравитационные силы не смогут удержать вещество на поверхности тела. Если период вращения объекта составляет 0,01 секунды, а масса порядка солнечной (около 10^{33} г), то его радиус должен быть меньше $3 \cdot 10^6$ см, или 30 км. Разделив массу на объем $10^{18}—10^{19}$ см³, получим, что средняя плотность примерно равна $10^{15}—10^{14}$ г/см³, т. е. соответствует плотности вещества внутри ядер. При таких плотностях электроны «вдавлены» в протоны, и все вещество должно быть нейтронной «жидкостью». Таким образом, интерпретация периодичности пульсаров как эффекта вращения некоего космическо-

го тела приводит почти однозначно к важному выводу о том, что пульсар — это нейтронная звезда.

Интересно, что на первых порах этот вывод казался не столь очевидным. Пульсары, открытые первыми, имели относительно большие периоды (порядка нескольких секунд), поэтому оставалась возможность объяснить их свойства колебаниями поверхности менее плотных, чем нейтронные, звезд, например — белых карликов. Но уже на I Международной конференции по проблеме пульсаров никто не отождествлял пульсары с какими-либо объектами, кроме быстро вращающихся нейтронных звезд. Безусловно, такое отождествление не бесспорно и сталкивается с некоторыми трудностями, однако на сегодняшний день оно представляется наиболее вероятным.

К числу трудностей модели «пульсар — нейтронная звезда» можно было бы отнести явление периодичности второго класса. Как известно, импульсы многих пульсаров имеют сложную структуру: у них замечены два, а то и три подимпульса. У восьми из 50 открытых к настоящему времени пульсаров не только импульсы, но и подимпульсы следуют со строгой периодичностью, которая и получила название периодичности второго класса. Если период следования импульсов составляет, как мы уже говорили, секунду или доли секунды, то период следования подимпульсов зачастую меньше нескольких сотых долей секунды.

Объяснить периодичность второго класса вращением нейтронной звезды не удастся — так быстро вращаться нейтронная звезда не может. Ф. Дрейк в обзорном докладе на конференции предложил две возможные интерпретации второго периода. Первая — это самостоятельные колебательные или вращательные движения;

вторая — это сложение двух движений, т. е. возникновение эффекта типа биений. Когда, например, одно и то же тело участвует в периодическом движении с частотой f_1 и в другом периодическом движении с частотой f_2 , появляются частоты биений $f_1 \pm f_2$. Дрейк показал, что если частота вращения нейтронной звезды равна f_1 и на это быстрое периодическое движение накладывается какое-то медленное периодическое движение с частотой f_2 (2–5 секунд), то частота $f_1 + f_2$ может превосходить максимально допустимую частоту вращения нейтронной звезды.

Одно из важных открытий последнего времени — непостоянство периодов следования импульсов. У всех пульсаров период медленно увеличивается, а у двух зарегистрировано скачкообразное уменьшение периода.

Чем может быть вызвано изменение периода? Этот вопрос детально обсуждался на конференции. Многие ученые считают, что замедление вращения пульсара (и связанное с этим увеличение периода) может происходить из-за потерь энергии в результате излучения гравитационных волн, звездного ветра (типа солнечного ветра) или магнитодипольного излучения электромагнитных волн.

Что касается внезапных скачкообразных изменений периода, то некоторые исследователи объясняют их «звездотрясениями», в какой-то мере аналогичными землетрясениям. Согласно модели, рассчитанной Дж. Баумом, в центре нейтронной звезды, где плотность меньше 10^{15} г/см³, есть небольшое гиперонное ядро. Его окружает 10-километровый слой нейтронной жидкости с малой примесью протонов и электронов. Сверху лежит кора толщиной около 1 км, состоящая из тяжелых ядер. На поверхности нейтронной звезды имеются «горы», вы-

сота которых несколько сантиметров. Высота атмосферы нейтронной звезды всего 10 км. С перестройкой коры пульсара и связывают скачкообразные изменения периода. Большая точность, с которой известен период, позволяет с колоссального расстояния (около 10 клс) «увидеть» незначительные (порядка нескольких сантиметров) изменения в коре.

Скачкообразное изменение периода замечено у пульсара, расположенного в туманности Vela X, и пульсара в Крабовидной туманности. На основе анализа этих изменений Баум рассчитал модель пульсара Vela X. Оказалось, что масса его равна примерно 0,21 солнечной, плотность вещества в центре около $2,45 \cdot 10^{14}$ г/см³, радиус 17,4 км, толщина коры 8,4 км, следовательно, кора занимает почти половину пульсара. Пульсар в Крабовидной туманности, согласно расчетам Баума, массивнее и имеет тонкую кору.

Давно известно, что радиоизлучение пульсаров, а также оптическое излучение, которое наблюдается лишь у пульсара в Крабовидной туманности, сильно поляризовано. Как правило, поляризация линейная, но бывает и эллиптическая. Изучение характера поляризации показало, что пульсары имеют сильное магнитное поле (около 10^{12} э) и что ось их вращения не совпадает с магнитной осью.

В последнее время удалось отождествить несколько пульсаров с остатками вспышек Сверхновых звезд. Ученые давно высказывали предположения, что в результате взрыва Сверхновой возникают нейтронные звезды. Именно поэтому открытие в центре Крабовидной туманности пульсара NP 0532* вызвало большой интерес.

Излучение Крабовидной туманности в рентгеновском, оптическом и радиодиапазонах имеет синхротронную природу. Оно рождается при торможении релятивистских электронов в магнитном поле туманности. Чтобы Крабовидная туманность излучала продолжительное время, релятивистские электроны должны или непрерывно генерироваться в самой туманности, или, как считают Л. Вольчер и Г. Брадт, поставляться в туманность пульсаром. Действительно, время, в течение которого релятивистские электроны, удаляясь от пульсара, теряют энергию на излучение и тормозятся, составляет примерно год. За такое малое время практически невозможно компенсировать потерянную частицами энергию каким-либо

механизмом ускорения частиц вдалеке от пульсара. Но тогда размер рентгеновского ореола пульсара должен быть равен длине пробега тех релятивистских электронов, которые тормозятся, излучая в рентгеновском диапазоне. И на самом деле, размер ореола совпадает с размером области, где генерируется рентгеновское излучение Крабовидной туманности. Рентгеновское излучение как бы переносится релятивистскими частицами. Брадт в своем выступлении на конференции подчеркнул, что рентгеновское излучение туманности не связано с рассеянием рентгеновского излучения пульсара на пылевых частицах туманности, так как это предположение противоречит наблюдениям.

С проблемой пульсаров перекликается проблема происхождения космических лучей. Как известно, остатки вспышек Сверхновых звезд считаются источниками космических лучей в Галактике. Однако, если мощность излучения пульсара и раньше была такой же, как сейчас, объяснить наблюдаемый уровень космических лучей только вспышками Сверхновых не удается. Вероятно, на ранних стадиях развития оболочек Сверхновых связанные с ними пульсары были энергетически более активными.

Вольчер предположил, что в настоящее время Крабовидная туманность энергетически замкнута и удерживает все космические лучи, включая и те, которые испускает пульсар. Но тогда на ранних, более активных стадиях развития туманность обязательно должна быть энергетически незамкнутой. Ясно, что в будущем, когда туманность как бы растворится в межзвездной среде, она снова станет энергетически незамкнутой и все заключенные в ней космические лучи уйдут в Галактику. Таким образом, оболочка Сверхновой проходит несколько стадий: начальную, когда она не может удерживать космические лучи; среднюю, когда она их удерживает, а потому под давлением космических лучей ускоренно расширяется; конечную, когда она опять не удерживает космические лучи.

Автор настоящей статьи указывал, что современная теория турбулентности плазмы может объяснить ускорение космических лучей до энергий 10^{16} эв на самой ранней стадии после взрыва Сверхновой. Такие космические лучи носят галактическую природу, а источниками их могут быть пульсары.

Еще две важные проблемы стоят перед исследователями пульсаров: механизм излучения пульсаров и механизм ускорения релятивистских частиц. Эти проблемы взаимосвязаны, так как, с одной стороны, именно релятивистские частицы ответственны за

излучение, а с другой стороны, сам процесс излучения приводит к столь быстрой потере энергии частиц, что частицы необходимо непрерывно ускорять, чтобы они эффективно и долго излучали. Более того, механизмы излучения и ускорения должны быть согласованы таким образом, чтобы уменьшение излучения приводило к ускорению частиц и восстановлению уровня излучения. По-видимому, это возможно только в том случае, если в основе излучения и ускорения лежат одни и те же физические процессы. Автор статьи совместно с С. А. Капланом предложил именно такой механизм.

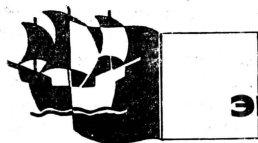
В плазме, окружающей пульсар, неизбежно возникает сильная турбулентность. Любое турбулентное движение, в конечном счете, трансформирует свою энергию в плазменные колебания. В этих колебаниях все частицы плазмы ускоряются до ультрарелятивистских энергий, плазма разогревается. Релятивистские частицы, ускоренные в полях плазменных колебаний, служат источником излучения. Наряду с мощным излучением возникает и эффекты усиления излучения, т. е., образно говоря, пульсар должен представлять собой космический мазер. Этот вывод согласуется с данными наблюдений эффективной температуры радиоизлучения. Средняя эффективная температура радиоизлучения, полученная Дрейком, чрезвычайно велика — 10^{26} °К, а для пульсара NP 0532 — даже 10^{29} — 10^{30} °К. Если бы не было мазер-эффекта, то энергия излучающих частиц должна быть огромной, 10^{22} — 10^{26} эв. В космических лучах частицы таких энергий до сих пор не наблюдались.

Из общей модели пульсара и по данным наблюдений удается оценить параметры излучающей области. Расстояние этой области от центра пульсара порядка 10^7 см, т. е. около 8—10 радиусов пульсара; магнитное поле в излучающей области равно примерно 10^6 э (на поверхности пульсара около 10^9 э, что существенно меньше ранее предполагавшихся 10^{12} э); плотность релятивистских частиц 10^{10} см⁻³; средняя энергия релятивистских частиц 10^9 эв.

Многие вопросы, обсуждавшиеся на конференции, конечно, требуют дальнейшей разработки. Сейчас уже накоплен богатый наблюдательный материал и мы в состоянии делать определенные качественные суждения о механизмах излучения, исключать или принимать определенные модели. Дальнейшее изучение пульсаров принесет много интересного и важного как для астрофизики, физики сверхплотных звезд, так и для проблемы происхождения космических лучей.

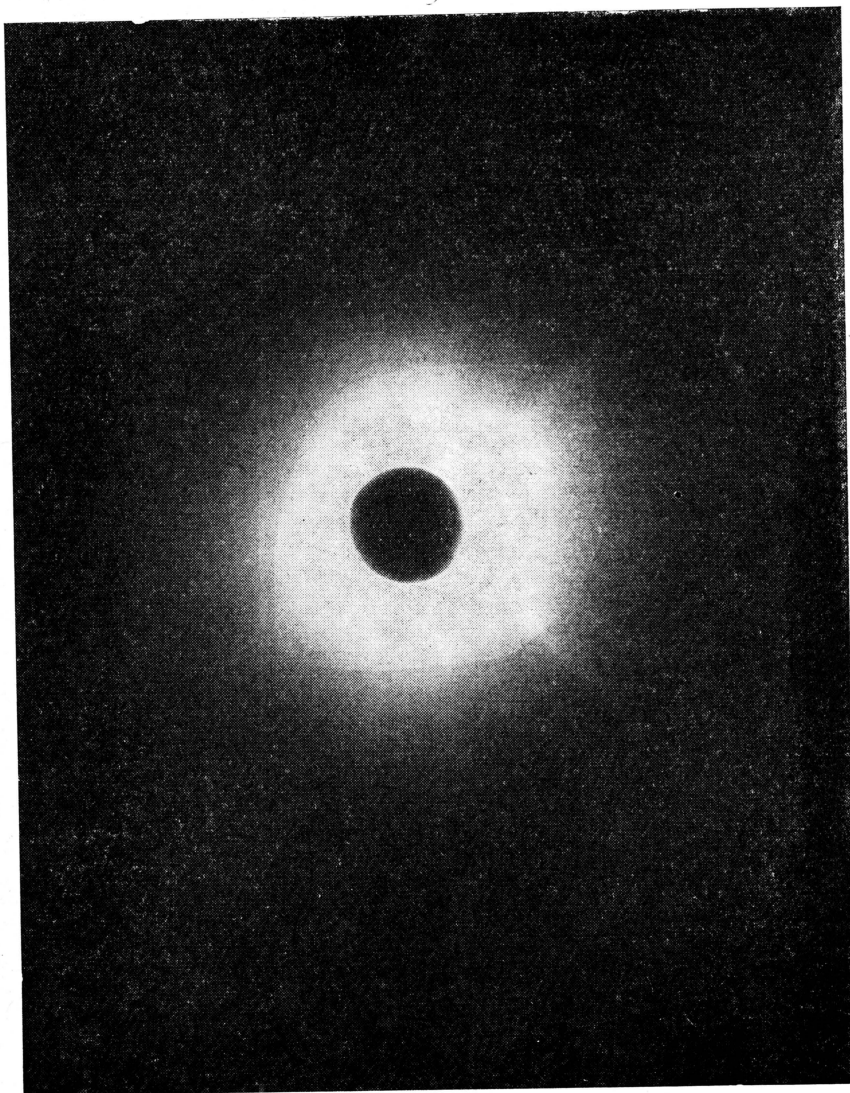
В. Н. ЦЫТОВИЧ
доктор физико-математических наук

* Подробнее см. И. С. Шкловский. Пульсары как астрономические объекты. «Земля и Вселенная», № 4, 1970 г. (Прим. ред.)



ЭКСПЕДИЦИИ

Солнечное затмение в двух



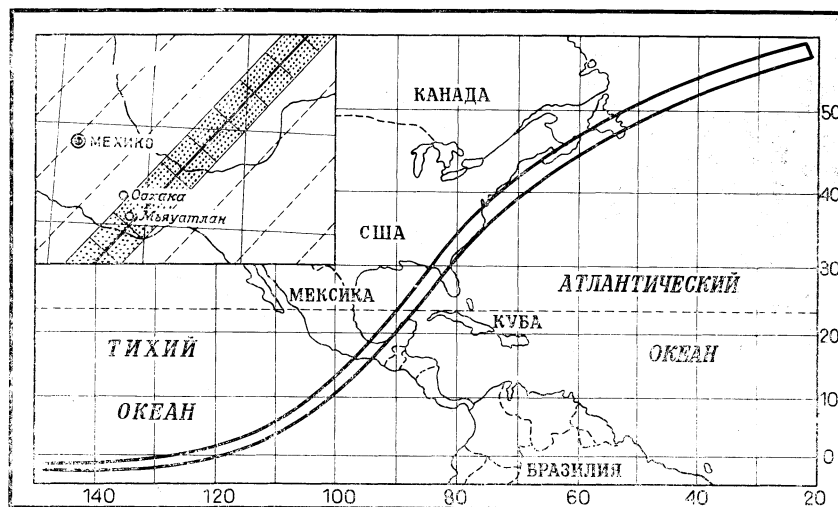
Полоса полной фазы солнечного затмения 7 марта 1970 г. соединила два океана — Тихий и Атлантический. Тень Луны коснулась Земли в средней части Тихого океана чуть южнее экватора. Сначала она двигалась почти параллельно экватору, затем пересекла его и круто пошла на северо-восток через Мексику, вдоль восточного побережья США и Канады, пересекла Ньюфаундленд и рассталась с Землей в середине Атлантики. Значительная продолжительность затмения (больше трех минут) привлекла внимание астрономов многих стран.

Экспедиция Советского Союза в составе 32 человек вылетела 9 февраля по маршруту Москва — Монреаль — Нью-Йорк — Мехико. Выбирая кратчайшее расстояние, самолет пролетел над Исландией и южной оконечностью Гренландии, которую удалось увидеть во всем великолепии: освещенную лучами Солнца и окруженную айсбергами, казавшимися с высоты 9 000 м крошечными барашками на стальной глади океана.

Первая длительная остановка — в Мехико. День, чрезмерно удлинённый полетом вдогонку за Солнцем, наконец кончился. На нас пахнула южная ночь, освеженная прохладой высокогорья. Только потом, проведя почти месяц в Мексике и побывав в разных районах, мы поняли, что в Мехико воздух полон пыли и автомобильной гари. Но в первый момент он казался необычным.

Фотография короны, полученная 7 марта 1970 г. Н. И. Дзюбенко на камере «Салют» с телеобъективом «ТАИР-33». Внешняя корона прослеживается до расстояния 5—8 солнечных радиусов, а отдельные лучи до 10 радиусов Солнца

океанах



Полоса полной фазы солнечного затмения 7 марта 1970 г. В левом верхнем углу, в более крупном масштабе показано, как прошла полоса полной фазы затмения вблизи Мьяуатлана — места работы советской экспедиции

Встречали нас сотрудники посольства. На расстоянии многих тысяч километров от дома мы ощутили, как привычные русские слова приобретают особое звучание.

В аэропорте нас обступили оживленные смуглые носильщики со стилизованной под пирамиду буквой «М» на спине — символом авиакомпании «Мехикана». Это было наше первое общение с радушным, доброжелательным мексиканским народом. Впоследствии нам приходилось встречаться с мексиканцами в университете, музеях, метро, автобусах и особенно часто на наблюдательной площадке нашей экспедиции, находившейся в 10 км от маленького городка Мьяуатлана. Десятки экскурсий и множество любознательных мексиканцев буквально совершали паломничество в лагерь советской экспедиции.

Каждый день подготовки к затмению бесконечно дорог. Поэтому многим из нас не удалось вдоволь побродить по Мехико, побывать на представлении Национального народного балета во Дворце изящных искусств и на корриде. Рано утром 15 февраля наш самолет уже приземлился в Оахаке — главном городе одного из 29 штатов Мексики, обычно привлекающем туристов памятниками древних мистекской и сапотекской культур. Эти достопримечательные места мы посетили значительно позднее. После прилета в Оахаку мы сразу же сели на местный рейсовый автобус, погрузили, следуя местным обычаям, наши чемоданы на крышу

(куда по дороге к прочему скарбу добавились две козы), и автобус быстро и легко понес нас в городок Мьяуатлан — конечный пункт нашего маршрута. На первый взгляд Мьяуатлан показался нам большой деревней. Велико же было наше удивление, когда мы узнали, что Мьяуатлан со времен национально-освободительной войны мексиканского народа (1861—1867 гг.) носит почетный титул города-героя.

Место для наблюдательной площадки советской экспедиции — большое поле в широкой долине, окруженное колючими агавами и кактусами, — было выбрано в день приезда. Оставалось только ждать основное оборудование экспедиции — около 150 ящиков, которые доставил корабль в порт Веракруз. Машины с экспедиционным оборудованием пришли поздно вечером, их удалось разгрузить лишь на следующий день и вскоре были разбиты палатки.

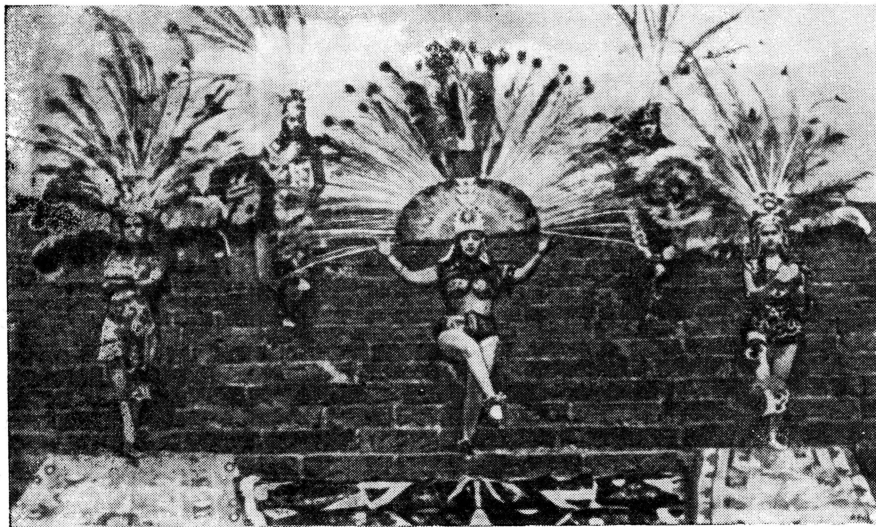
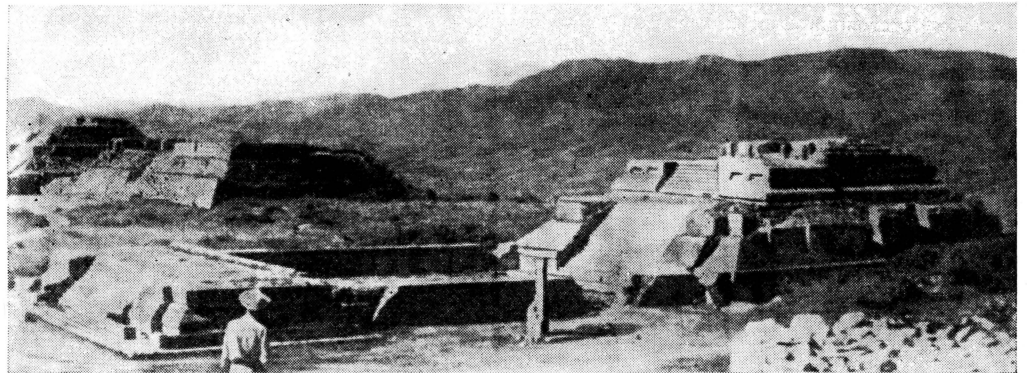
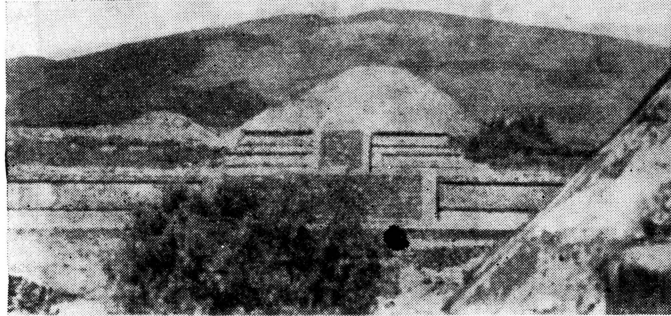
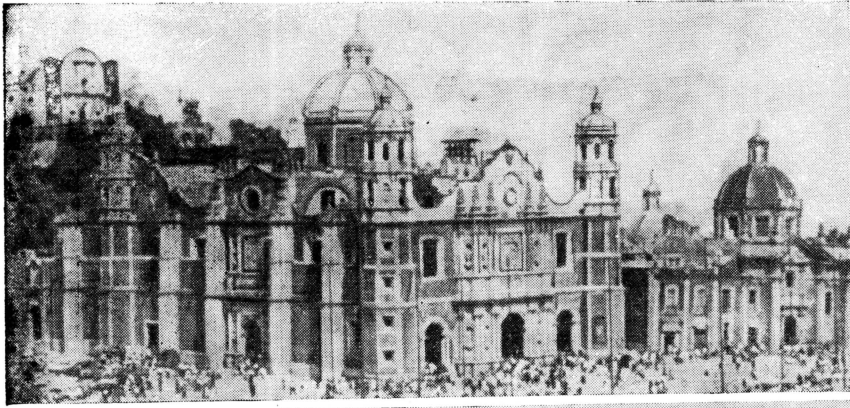
Из любой точки площадки открывался живописный вид на окрестности. На юге — синие высокие горы, а за ними джунгли и берег океана всего в двухстах километрах от нас. Из-за гор часто выползали облака, приносившие ветер и плохую погоду, что сильно нас тревожило. На востоке тоже горы, но очень далекие, почти у горизонта. На севере совсем открытая местность, а на западе крутой спуск к реке, так часто выручавшей нас в жару, и близкие горы, поросшие редким лесом, где вместе с лиственными и хвойными деревьями растут высокие кактусы.

Советская экспедиция оказалась самой крупной из всех многочисленных экспедиций, приехавших на затмение в Мексику. Восемь научных учреждений привезли с собой около полутора десятка установок, предназначенных для оптических и радионаблюдений структуры, спектров и поляризации короны, хромосферы и переходного между ними слоя.

Приборы на площадке вытянулись цепочкой с севера на юг. Такое расположение было наиболее удобным: Солнце в Мексике поднимается высоко, поэтому горизонтальные солнечные установки следовало ориентировать в направлении восток — запад.

Возле живой изгороди из неприступных агав стоял 2-метровый радиотелескоп Ленинградского университета для регистрации потока солнечного радиоизлучения на волнах 3,2 и 10 см. На этом радиотелескопе А. П. Молчанов, В. А. Ступин и Ю. Никитин надеялись во время затмения уточнить диаметр «радиоизображения» Солнца. Рядом был установлен другой радиотелескоп — интерферометр Пулковской обсерватории, на котором работали Д. В. Корольков, А. Б. Берлин и Г. М. Тимофеева. Этот телескоп позволяет изучать распределение источников радиоизлучения в короне на волне 4 см. (После окончания работы экспедиции интерферометр был оставлен в дар мексиканским астрономам.)

Севернее расположилась оптическая группа Пулковской обсерватории в составе В. М. Соболева, Ю. С.



Виды Мексики (сверху вниз): кафедральный собор на центральной площади Цокале в Мехико; пирамиды Теотиуакана — «долины богов». Пирамиды и храмы часто украшаются каменными изваяниями Кецалякоатля и Тлалока — главных божеств древних ацтеков; Монте-Альбан — один из центров древней культуры сапотеков. Здесь археологи открыли комплекс пирамид и храмов; современное исполнение древних ацтекских танцев на ступенях пирамиды

Стрелецкого и Г. Ф. Вьялина. Они привезли изготовленный специально для затмения светосильный спектрограф с двумя камерами, на котором собирались фотографировать спектр хромосферы в диапазонах 3800—4000 и 4600—4800 Å.

Дальше находились два светосильных спектрографа Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, предназначенные для фотографирования спектров хромосферы и короны в диапазонах свечения красной и голубой линий водорода, а также непрерывного свечения водорода в ультрафиолете. Работой руководил Н. В. Стещенко, который совмещал с этим тяжелые и неблагодарные обязанности начальника экспедиции. Его помощниками по наблюдению затмения были А. Н. Бабин и Л. Ф. Бежко.

В центре лагеря, рядом с палаткой начальника экспедиции, на высоких флагштоках развевались два флага: советский и мексиканский с изображением орла, сидящего на опунции со змеёй в клюве. Согласно древней легенде, такую картину увидели ацтеки на месте будущего города Мехико.

Самым длиннофокусным инструментом советской экспедиции был 10-метровый коронограф кафедры астрономии Киевского государственного университета. На этом инструменте Н. И. Дзюбенко собирался сделать крупномасштабные снимки солнечной короны. Каждый такой снимок позволяет судить о структуре некоторой ограниченной области короны, поскольку изображение ближайшей к Солнцу части короны оказывается сильно передержанным, а удаленной от Солнца — недодержанным. Чтобы получить представление о структуре всей короны, обычно приходится делать во время затмения несколько снимков с весьма разными экспозициями. Однако и всю корону можно сфотографировать сразу, если непосредственно перед пластинкой установить радиальный нейтральный фильтр. Оптическая плотность радиального фильтра по мере приближения к его центру должна возрастать примерно так же, как и яркость короны. Через такой фильтр приготавливались сфотографировать корону П. В. Щеглов и Н. Б. Егорова на фотоаппарате, который был установлен недалеко от 10-метрового коронографа.

Рядом с 10-метровым коронографом стояла большая палатка, где находился светосильный 2-метровый спектрограф Главной астрономической обсерватории АН УССР. На этом инструменте Э. А. Гуртовенко со своим помощником К. Е. Скориком хотели сфотографировать с высоким разрешением спектр хромосферы и короны.

Еще дальше на север располагались инструменты Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга: два горизонтальных солнечных телескопа, кудз-рефрактор и светосильная камера для получения снимков короны в поляризованном свете. На всех телескопах установили спектральные приборы очень высокой разрешающей силы — эталоны Фабри — Перо. Как известно, эталон Фабри — Перо, если его осветить лучами одного цвета, дает интерференционную картину в виде концентрических колец.

Чтобы увеличить разрешающую способность обычного спектрографа, установленного на одном из горизонтальных телескопов, Г. Ф. Ситник использовал эталон Фабри — Перо. Таким образом он собирался получить на небольшой пластинке сразу много линий спектра излучения хромосферы и короны. На другом горизонтальном телескопе автор этой статьи готовился сфотографировать солнечную корону, пропустив ее свет только через центральное кольцо, и получить изображение короны в лучах одной спектральной линии. По снимкам, сделанным в различных частях линии (например, в центре и крыльях), можно изучать движение вещества в короне. Дело в том, что приближающийся к нам или удаляющийся от нас газ излучает линии, соответственно, чуть меньшей или чуть большей длины волны, и по различию деталей на снимках можно судить о том, как и с какой скоростью движется вещество в короне.

На кудз-рефракторе эталоны Фабри — Перо были поставлены так, чтобы в фокусе камеры получились изображения и колец, и короны. Это позволяет в каждой точке короны, пересеченной кольцом, измерить профиль спектральной линии. На рефракторе дополнительно были установлены еще два телескопа, благодаря чему Е. А. Макарова со своим помощником В. А. Солдатовым могли одновременно сделать три снимка короны в различных спектральных линиях.

Вереницу астрономических инструментов завершали приборы Научно-исследовательского института земного магнетизма и распространения радиоволн АН СССР. Э. И. Могилевский, К. И. Никольская, А. А. Сазанов, Р. А. Гуляев, В. А. Обридо и Б. А. Иошпа привезли два необычных спектрографа, на которых можно фотографировать с большим разрешением сразу весь видимый спектр, и несколько мелких камер для получения спектров короны, хромосферы и переходного слоя между ними, а также для исследования поляризации, недавно обнаруженной сотрудниками этого института в корональных линиях.

Все участники экспедиции тщательно готовились к наблюдению затмения. Времени было в обрез, поэтому работать приходилось буквально и днем, и ночью: установка, юстировка и фокусировка приборов велась по Солнцу; по звездам выверялись полярные оси инструментов; по Луне окончательно уточнялась продолжительность экспозиции (Луна очень удобный «стандарт», так как ее яркость почти равна яркости солнечной короны).

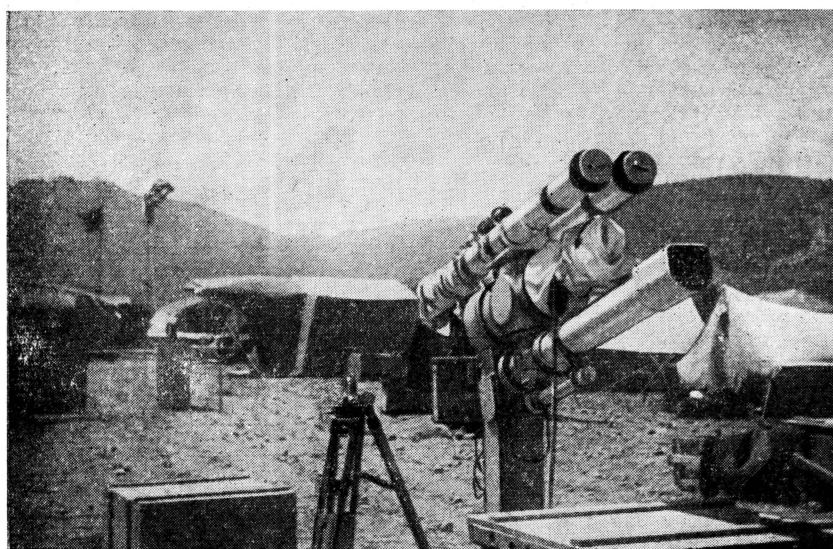
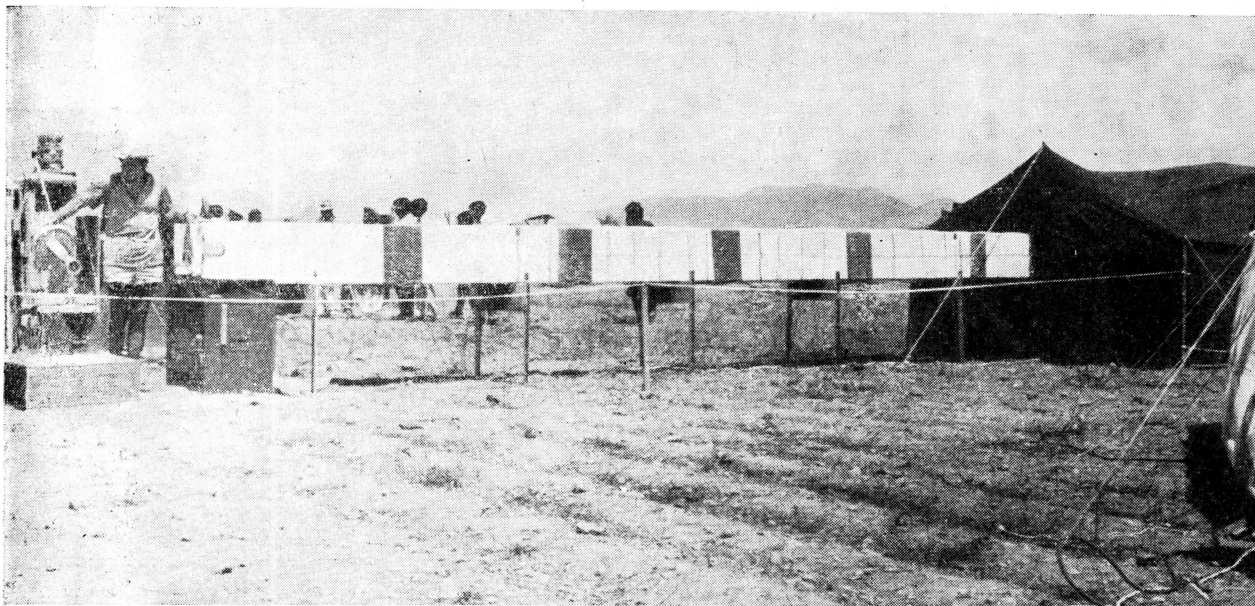
И вот долгожданный день затмения. Ветер, свирепствовавший еще накануне, утих. С раннего утра на небе ни облачка. Воздух спокоен и прозрачен. Словом, для работы условия идеальные. Это сильно подняло дух участников экспедиции.

Население окрестных деревень с утра начало стекаться к нашему лагерю. Приехали многочисленные экскурсионные машины и автобусы. Они расположились на почтительном расстоянии, чтобы не мешать работе. Последние приготовления и проверка. Наконец, чей-то голос: «Первый контакт!» — Затмение началось. Потянулись минуты напряженного ожидания. До полной фазы осталось 30 минут, 20, 10, 5, 1, 0! Защелкали затворы, раздался стук передвигаемых кассет, послышались отрывистые слова команд. Продолжительность затмения оказалась несколько меньше расчетной — всего 200 секунд. Подобные отклонения нередки и вызваны неровностью лунного края.

Прошли эти 200 секунд и на душе стало легче, особенно у радиоастрономов, — результаты своих наблюдений они сразу записывают на ленту. Правда, для них затмение длилось дольше, ибо они ведут наблюдения и во время всех частных фаз. Для остальных же наблюдателей тревога «сработает ли аппаратура?» сменилась мучительным ожиданием: что получится на пленках и пластинках после проявления? На проявление фотоматериалов в скромной лаборатории мьяуатланского фотографа ушло еще несколько дней, и лишь поздно вечером 11 марта все вздохнуло свободно — программа наблюдений, в основном, была выполнена.

Только теперь удалось более внимательно приглядеться к красотам окружающей природы. Яркие краски, многообразие ландшафтов, любознательные и общительные люди — все это оставило неизгладимое впечатление.

Особенно запомнилась фиеста — праздник, организованный муниципалитетом и жителями Мьяуатлана в честь астрономов, прибывших из разных стран. Празднества длились целую неделю. Каждый вечер — нарядные представления и гуляния. Открылся праздник шествием детей в

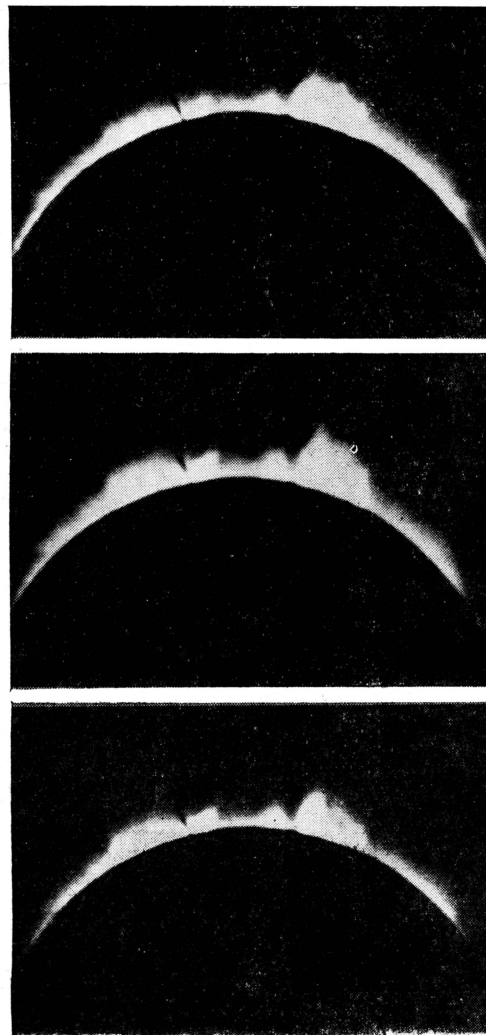
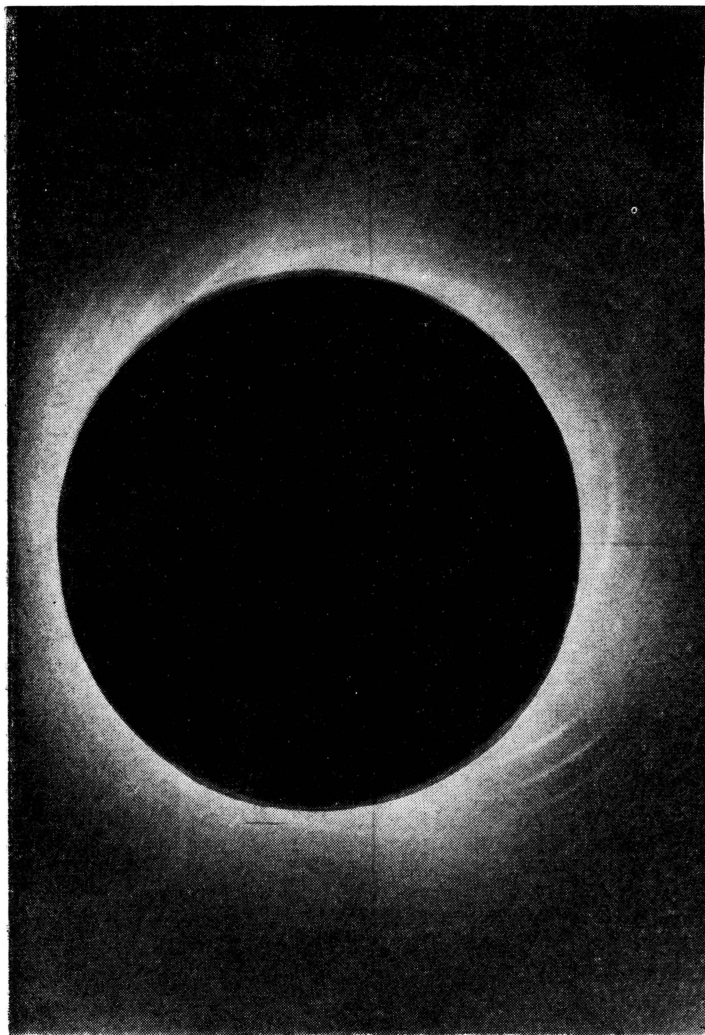


Лагерь советской экспедиции под Мьяуатланом. На переднем плане: вверху — 10-метровый коронограф; внизу — кудэ-рефрактор с двумя дополнительными телескопами

карнавальных костюмах, которые несли на палках разноцветные фонарики со свечами. Форма и расцветка фонариков напоминали о Солнце, Луне, затмении, звездах, кометах. Потом был концерт народных песен и танцев. Среди гостей оказались юные перуанцы, которые, облачившись в

звериные шкуры, показали гостям древний танец. А после концерта демонстрировались чудеса мьяуатланской пиротехники. Множество ракет и шутих с шипением и треском взлетали под общее ликование зрителей. Затем начался турнир рыцарей, «скакавших» на лошадях, изрыгавших пла-

мя и снопы искр. В центре площади перед собором, где проходил праздник, возвышалась рама высотой с пятиэтажный дом. Вот подожгли фитиль и едва заметный огонек пополз вверх, зажигая разноцветные вращающиеся колеса, крутящиеся змеи, взрывающиеся в небо ракеты. Извергнув массу



Эти фотографии солнечной короны сделаны через эталон Фабри — Перо. Снимок слева получен Е. А. Макаровой. Эталон пропускал свечение короны в линии с длиной волны $6374 \text{ \AA}$ только в тех частях изображения, где видны кольца. В каждой точке короны, пересеченной кольцом, можно измерить профиль спектральной линии. Снимки восточной части короны (справа) получены Э. В. Кононовичем. Средний снимок сделан в центре красной корональной линии с длиной волны $6374 \text{ \AA}$, а верхний и нижний на расстоянии $0,8 \text{ \AA}$ от центра. Такие фотографии позволяют выявить области заметных движений вещества в короне

искр, дыма и пламени, рама вдруг вспыхнула, осветив всю площадь, как днем. Раздался оглушительный треск и над рамой взвился выпел с изображением затмения, а следующий выстрел выбросил лозунг с приветствием астрономам всех стран.

И все же, несмотря на множество

очень ярких впечатлений от огромного, шумного и красочного Мехико с его старинными испанскими соборами и современными зданиями, от древних ацтекских пирамид и храмов, самым запоминающимся останется поле в широкой долине, окруженное колючими агавами. На этом поле мы

провели без малого четыре недели ради возможности три минуты наблюдать редкое явление природы.

Э. В. КОНОНОВИЧ
кандидат физико-математических наук



Радио- астрономы на кубе

Полоса полной фазы солнечного затмения 7 марта 1970 г. миновала остров Куба. В Гаванне наблюдалось лишь частное затмение Солнца с фазой 0,85. Поскольку многие радиоастрономические задачи могут быть решены при частных затмениях, на Кубу выехала экспедиция, организованная Советом по радиоастрономии Академии наук СССР.

Экспедиция прибыла в Гаванну 15 февраля. Груз, весом более 10 т, уже ожидал на площадке, вблизи Института астрономии в пригороде Гаванны. Четыре радиотелескопа были установлены фактически за неделю, а в оставшиеся до затмения напряженные дни проводилась отладка

сложной аппаратуры. Еще на одном радиотелескопе Пулковской обсерватории, работавшем на Кубе с сентября 1969 г. по программе службы Солнца, также активно готовились к наблюдению затмения. Налаживалась работа службы времени, устанавливалась камера для фотографирования Солнца, что позволило в дальнейшем расшифровать полученные радиоданные.

Локальные источники радиоизлучения, располагающиеся над группами солнечных пятен, предполагалось исследовать, в основном, в сантиметровом диапазоне волн. Обычно размеры источника на диске Солнца достигают 1—2 минут дуги, однако встреча-

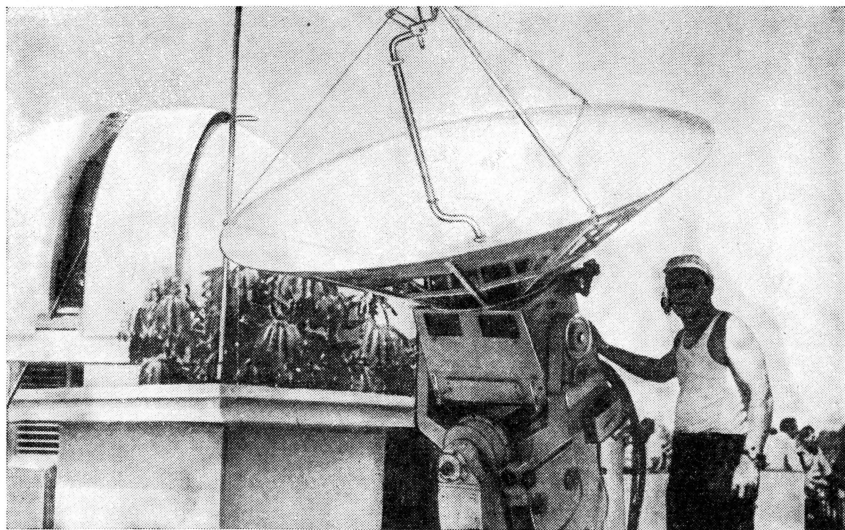
ются отдельные яркие детали размером от десятков до нескольких секунд. Вне затмения даже самые крупнейшие радиотелескопы не дают возможности изучать эти детали. Действительно, разрешение телескопа прямо пропорционально длине волны и обратно пропорционально его диаметру. Поскольку радиоволны значительно длиннее волн видимого диапазона спектра (5 см отличаются от 5000 Å в 100 000 раз!), разрешение радиотелескопов намного хуже оптических. Например, разрешение оптического телескопа с диаметром объектива 15 см на длине волны 5000 Å равно $\frac{2}{3}$ секунды дуги. Чтобы получить в 10 раз худшее разре-

ние на длине волны 5 см, необходим радиотелескоп диаметром 150 км.

Во время затмения Луна довольно медленно закрывает источники излучения. При этом интенсивность радиоизлучения постепенно уменьшается. Если радиотелескоп в состоянии зарегистрировать это изменение радиоизлучения, то тогда можно исследовать тонкую структуру источника. Таким образом, точная запись хода затмения позволяет добиться высокого разрешения.

Разработано несколько оригинальных способов записи хода затмения. Например, пулковские астрономы (руководитель Н. Г. Петерова) использовали квазиулиевой метод наблюдений, т. е. метод, в котором измеряемый сигнал искусственно сводится к нулю — компенсируется. Чтобы применить эту методику наблюдений, нужно знать наиболее вероятное изменение радиопотока во время затмения. Величину этого изменения пулковские астрономы предсказали на основании оптических наблюдений, проведенных в предшествующие затмению дни. Прогноз оказался близким к действительному изменению радиопотоков, что позволило успешно провести наблюдения. Удалось выявить новые слабые очаги эмиссии, исследовать тонкую структуру излучающих областей. Другая методика использовалась сотрудниками горьковского Научно-исследовательского радиофизического института В. М. Фридманом, Б. В. Тимофеевым и другими (руководитель профессор М. М. Кобрин). На специально изготовленной установке они точно записывали интенсивность и поляризацию радиоизлучения на длине волны 3 см, но не на одной, а на двух, близких к 3 см, волнах. Таким образом определялся характер (наклон) спектра около длины волны 3 см — величина, существенная для понимания природы солнечного радиоизлучения. Радиоастрономы Физического института Ленинградского университета (руководитель А. С. Гребинский) для улучшения точности записи вращали диаграмму направленности антенны и непрерывно сканировали солнечный диск. Одна из двух установок Крымской обсерватории (руководитель Ю. Ф. Юровский) работала на метровых волнах.

Затмение началось несколько драматически. За 40 минут до первого оптического контакта все регистрирующие устройства были зашкалены. В самой большой из шести групп солнечных пятен (группа № 105) началась хромосферная вспышка. Если бы всплеск радиоизлучения, сопровождающий эту вспышку, продолжался и во время затмения, выделить излучение отдельных слабых источников было бы невозможно. Однако бурная

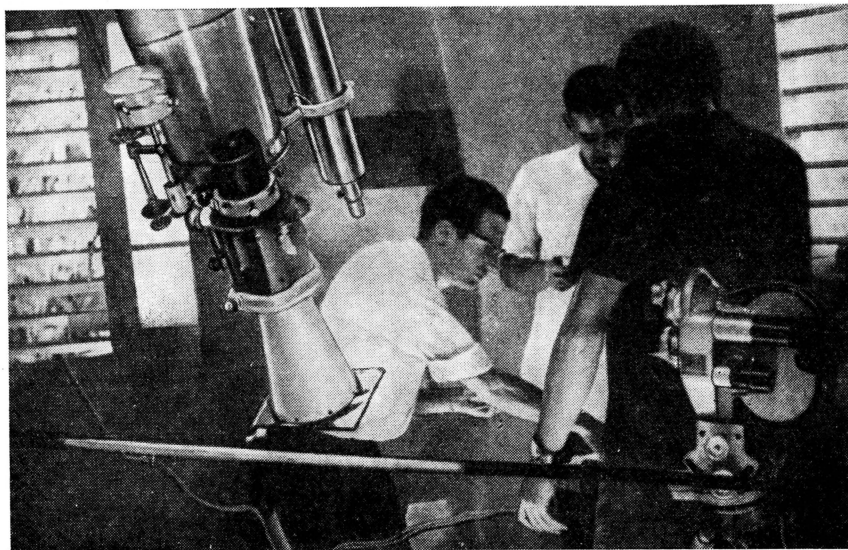


Б. В. Тимофеев у радиотелескопа горьковского Научно-исследовательского радиофизического института

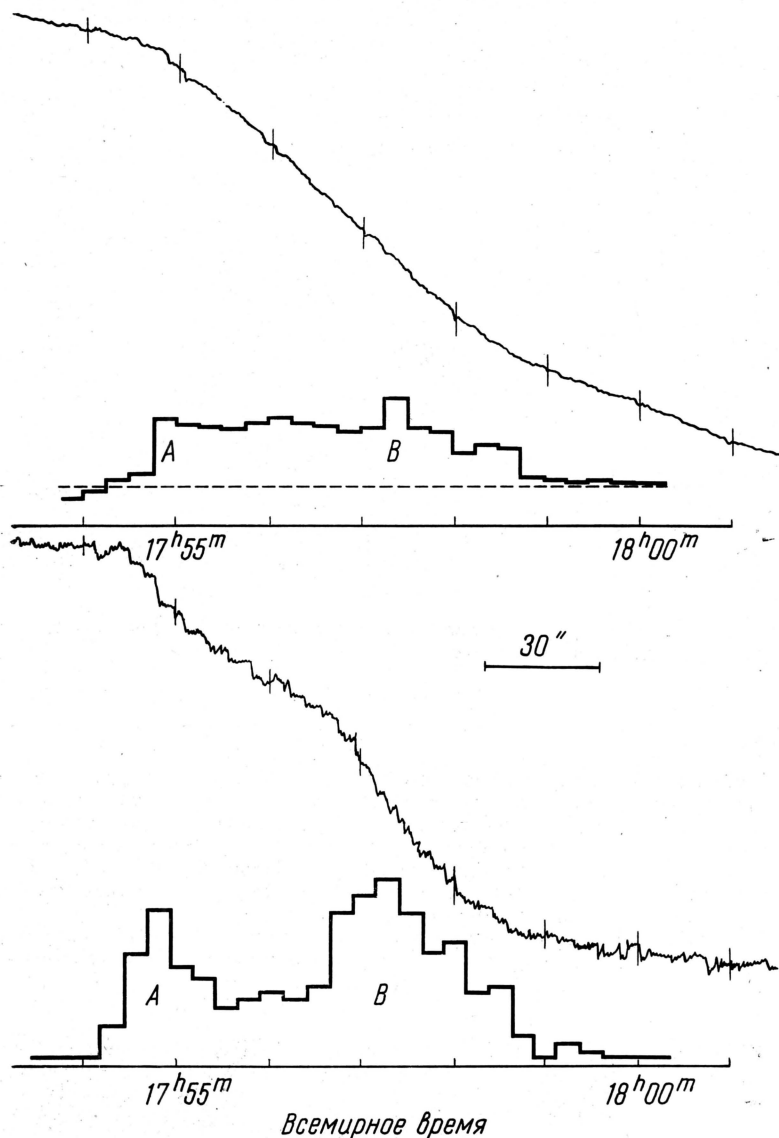
(импульсная) стадия всплеска закончилась быстро, а остывающая область всплеска хотя и была заметна на записях группы № 105, на качестве записей никак не влияла. Тщательная подготовка к затмению позволила провести радионаблюдения уверенно, без каких-либо срывов. Все регистрирующие устройства «чувствовали» по-

крытие Луной каждой из шести групп пятен. Масштаб записей был выбран удачно. Пулковские астрономы были очень довольны, когда при покрытии наибольшей группы № 105 перья самописцев переместились на всю шкалу.

Хорошая погода благоприятствовала наблюдениям. Атмосферные помехи



В башне оптического телескопа. Слева направо: М. А. Лившиц, Микельанжело — сотрудник Института астрономии Кубы и В. В. Минин



Записи изменения интенсивности (вверху) и круговой поляризации (в центре) на длине волны 4,5 см, полученные во время покрытия Луной радиоисточника, связанного с группой солнечных пятен № 105 (материалы пулковских астрономов). Фотография самой группы, сделанная на Кубе непосредственно перед закрытием пятен Луной, приведена внизу. Под каждой плавной кривой показаны, соответственно, распределения яркости и поляризации в локальном источнике. Размер каждой ступени равен 5" на Солнце. Заметны два максимума. Появление одного из них (А) связано с большим пятном группы, а другого (В) — с горячей областью, где перед затмением произошел радиовсплеск. По таким записям проводится изучение тонкой структуры радиоисточников на Солнце

при радионаблюдениях были минимальными. Удалось получить много снимков частных фаз и выполнить озонметрические измерения. Не повезло лишь Н. С. Шиловой: она уехала наблюдать затмение в горный район, где фаза была несколько большей, но в момент затмения небо там было затянуто облаками.

Сотрудники Института астрономии Академии наук Кубы и студенты Гаванского университета также принимали участие в наблюдениях затмения. Вообще, интерес к затмению был огромен: многочисленные любители астрономии и гости собрались в башне оптического телескопа, где на большом экране можно было следить за ходом затмения. Руководство Академии наук Кубы проявляло большое внимание к экспедиции. Затмению и работе советской экспедиции были посвящены статьи в газетах и киножурнал.

Все 20 участников экспедиции до 7 марта безвыездно жили в Гаванне. Поэтому особенно приятными оказались экскурсии на курорт Барадеро и на остров Пинос. Ясным утром мы проехали через огромный туннель под проливом, соединяющим океан с гаванским портом, и оказались на дороге, идущей вдоль побережья. Для многих неожиданной показалась смена городского пейзажа на ландшафт саванны, знакомой нам по рисункам из учебника географии. Редкие пальмы украшали холмистую местность; по обе стороны от дороги простирались плантации сезаля, сахарного тростника, ананасов.

Курорт Барадеро расположен на узкой, уходящей в море косе. Одна сторона косы предоставлена автострате, другую занимают современные отели и огромный пляж, чем-то напоминающий Рижское взморье. На мысе косы Барадеро находится бывшая вила Дюпона с большим садом, разбитым в виде французского парка. В сад пришла весна, и разнообразие красок казалось необычайным. Некоторых участников экспедиции заинтересовали колибри, другие устремились к огромному пятиметровому кактусу.

Остров Пинос — это низкие горы, покрытые пальмами и соснами, банановыми и цитрусовыми плантациями. Но не пляжи с черным песком и яркие краски Карибского моря, а общий колорит острова сделали его когда-то любимым местом пиратов, их «островом сокровищ». Молодежь Кубы решила превратить остров Пинос в цветущий сад Кубы и проводит это решение в жизнь с большим энтузиазмом. Гостеприимство хозяев Пиноса еще раз подчеркнуло хорошее отношение кубинцев к нашей стране.

А. Н. ГОРЖАВИН
М. А. Л И В Ш И Ц
кандидат физико-математических наук



НЕОБЫЧНЫЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ИСТОЧНИК

В 1969 г. Дж. Нейгебауэр и Р. Лейтон (США) опубликовали предварительный каталог свыше 5000 ярких инфракрасных источников. Продолжительное изучение одного из них (IRC + 10216) привело к неожиданным открытиям.

Этот источник находился в созвездии Льва. Его координаты: прямое восхождение $9^h 45^m 15^s$; склонение $+13^\circ 30' 7''$ (эпоха равноденствия 1950.0). На фотографии, сделанной с 5-метровым телескопом, источник выглядит как маленькое эллиптическое пятнышко размером около 4 секунд дуги. Хотя в видимых лучах он слабее 18-й звездной величины, поток его излучения на длине волны 5 мк больше, чем у любого известного объекта, расположенного вне солнечной системы.

С 1965 г. инфракрасный источник IRC + 10216 регулярно наблюдают на длине волны 2,2 мк в обсерватории Маунт Вилсон. Обнаружена переменность потока его излучения. Примерно за 600 дней он изменяется, по крайней мере, на 2 звездные величины.

В середине апреля 1969 г. американские астрономы измерили звездную величину источника на разных длинах волн. Оказалось, что на волне 1,25 мк его звездная величина $+6,6$; на 1,65 мк $+2,9$; на 2,2 мк $-0,1$; на 3,5 мк $-3,4$; на 4,8 мк $-5,0$; на 10,1 мк $-7,4$; на 19,5 мк $-9,1$. Распределение энергии в спектре источ-

ника близко к распределению энергии в спектре черного тела с температурой 650°K .

Какова же природа столь необычного объекта? Е. Беклин и его коллеги, исследовавшие источник IRC + 10216, полагают, что он находится от нас на расстоянии, большем 100 пс. Они склонны считать этот объект развивающейся долгопериодической переменной звездой, которую окружает непрозрачная пылевая оболочка. По мнению Беклина и его коллег, предположение, что источник IRC + 10216 — галактика, окруженная непрозрачной пылевой оболочкой, менее вероятно.

«Sky and Telescope», 39, 3, 1970.

ЛЕД В КОСМОСЕ НЕ ОБНАРУЖЕН

Все более и более сложные химические вещества открывают астрономы в межзвездном пространстве. Некоторые специалисты предполагали, что космические облака, затмевающие отдельные участки звездного неба, представляют собой скопления ледяных «зерен» или хлопьев графита, покрытых ледяной оболочкой.

Сотрудники Калифорнийского университета доктора Р. Ф. Кнаке, Д. Д. Кадабек и Дж. Гостад попытались найти полосы поглощения, приписываемые льду в спектрах трех «весьма красных» гигантских суперзвезд: VI Лебеда № 12, CIT 11 и HD 183, 143. Наблюдения проводились на длине волны 3,07 мк. Но заметных количеств льда в межзвездной среде обнаружить не удалось.

«Science News», 96, 19, 1969.

КОГДА ЖЕ ПОШЛЮТ НА ЛУНУ УЧЕНЫХ?

Руководителей программы «Аполлон» не раз упрекали в том, что технические аспекты программы довлеют над научными. «Стоит ли тратить миллиарды долларов, чтобы посадить на Луну очередного летчика-испытателя?» — проницательно спрашивают критики. На это руководители программы отвечают: «Летчики получают специальную селенологическую подготовку, во время операций на Луне ими руководит селенолог с Земли, а доверять ученым управление сложнейшим кораблем «Аполлон» пока еще рано». Последнее особенно наглядно продемонстрировал полет корабля «Аполлон-13»: только опытные летчики-испытатели могли с честью выйти из создавшейся аварийной обстановки.

Среди американских космонавтов есть несколько ученых, которых готовят к полетам на кораблях «Аполлон». Первоначально предполагали, что один из них будет участвовать в третьей лунной экспедиции, но в составе экипажа корабля «Аполлон-13» его не оказалось. Нет ученых и в объявленном списке экипажа корабля «Аполлон-14». Некоторые научные работники в знак протеста вышли из отряда космонавтов. Остальные все же не теряют надежды совершить космический полет.

Сформированы экипажи «Аполлона-15», -16, -17, -18», и только на «Аполлоне-18», должен полететь космонавт-селенолог Гаррисон Шмитт.

«Newsweek», 1970.

УЧАТСЯ ПРЕПОДАВАТЕЛИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИНСТИТУТОВ

Уже несколько лет подряд при Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова работает факультет повышения квалификации. В одной из групп этого факультета — астрономической — занимаются, как правило, преподаватели астрономии педагогических институтов, а иногда и преподаватели астрономии из отдаленных университетов.

В программу по астрономии включены следующие курсы: теория научной информации, педагогика

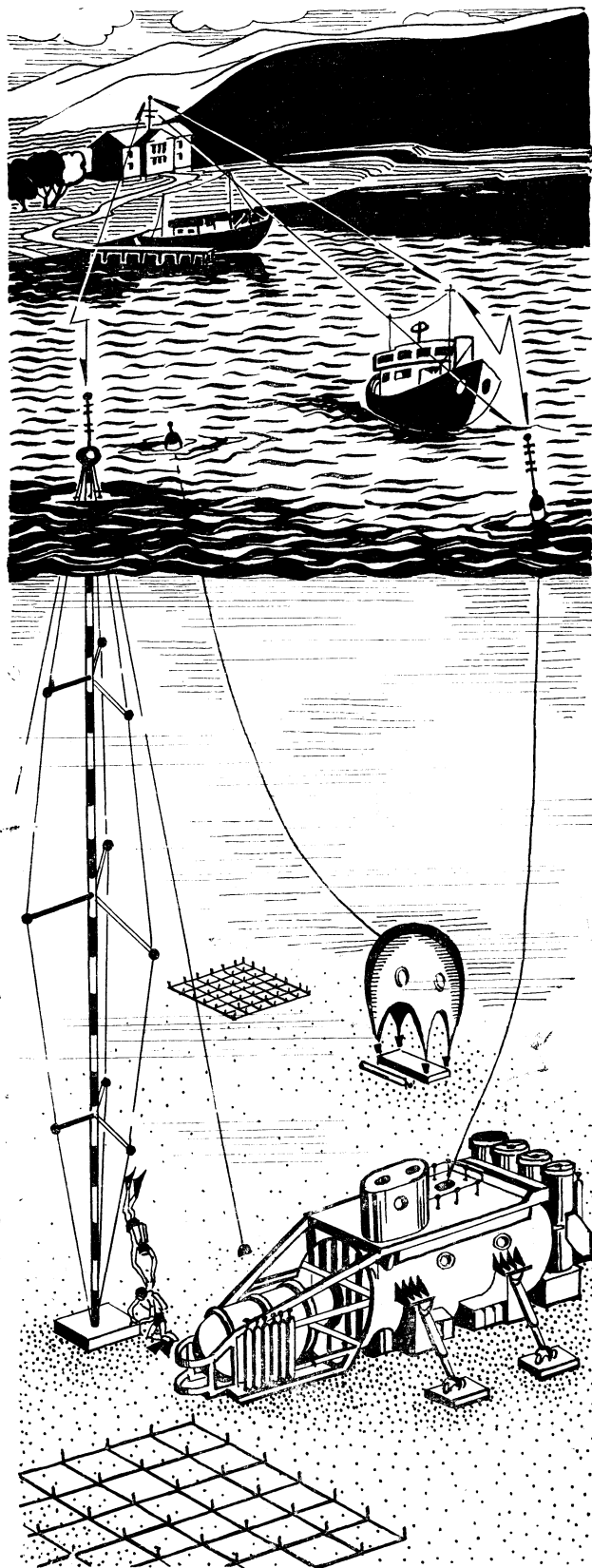
высшей школы, физика, практическая астрофизика, практикум по астрофизике, физика Солнца, физика звезд и межзвездной среды, физика планет, методы космических исследований, галактическая астрономия, космология, радиоастрономия, небесная механика, астрометрия, гравиметрия и астрономические наблюдения.

Астрономическая группа комплектуется ежегодно в январе. Занятия проводятся в течение февраля — мая шесть раз в неделю. Лекции, практические занятия и лабораторные работы продолжаются ежедневно 6—8 часов.

В конце семестра слушатели сдают четыре зачета и пишут реферат на избранную тему. Тот, кто успешно сдаст все зачеты и реферат, получает диплом об окончании факультета повышения квалификации при МГУ по специальности астрономия.

Преподавателям педагогических институтов, желающим заниматься на факультете повышения квалификации, следует обращаться по адресу: Москва, В-234, МГУ, этаж 10. Факультет повышения квалификации.

К. А. К У Л И К О В
профессор
куратор астрономической группы



ПОДВОДНЫЙ

Наш журнал продолжает знакомить читателей с заметками участников подводного эксперимента «Черномор». Осенью 1969 г. в подводной лаборатории «Черномор-2» на глубине 25 м в течение двух недель работал экипаж в следующем составе: В. П. Николаев — командир экипажа, физик, кандидат технических наук (Геленджик); Ю. Н. Калинин — бортинженер, водолаз-совместитель (Москва); В. Н. Усольцев — водолаз первого класса (Владивосток); А. Н. Ломов — водолаз первого класса (Волгоград). О подготовке и переоборудовании «Черномора» рассказывают инженеры, которые и строили, и испытывали лабораторию на рабочей глубине; о научной программе — ученые, ее составившие; о подводных буднях — командир экипажа.

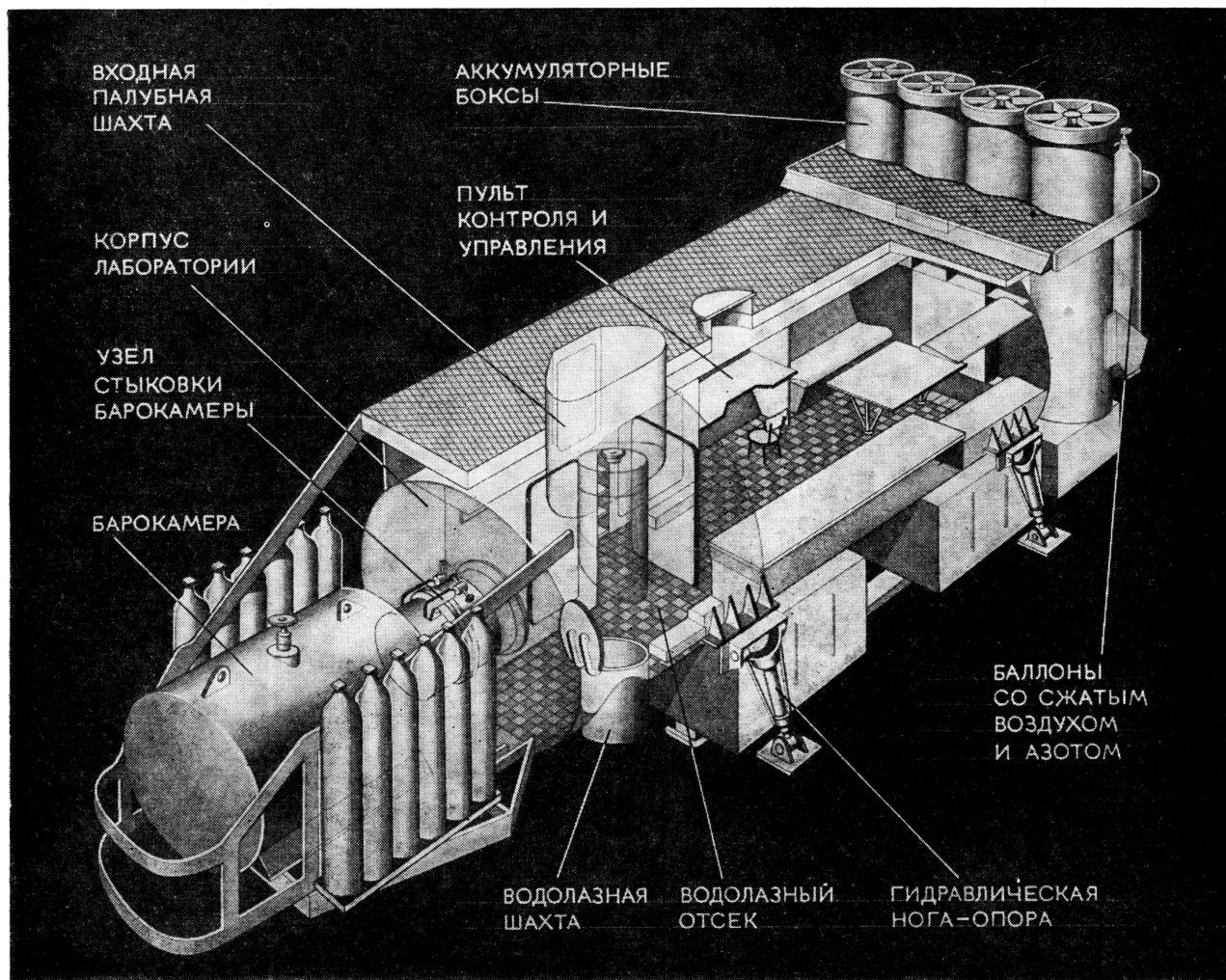
Счастливых погружений!

Июль 1969 года... На берегу Голубой бухты Черного моря стоит подводная лаборатория «Черномор-2» и ожидает спуска на воду.

Мы, сотрудники лаборатории техники подводных исследований Института океанологии, ходим вокруг «Черномора», подкрашиваем, протираем, — одним словом, ведем себя так, как будто готовим лабораторию не к погружению на 30-метровую глубину, а на выставку. Каждый из нас прекрасно понимает, что после того, как лаборатория попадет в воду, она начнет обрастать различной морской живностью, которая очень любит селиться на любой окрашенной поверхности, — особенно, если она покрыта противообрастающей краской —

Обжитое дно Голубой бухты во время эксперимента «Черномор — 69»

ЭКСПЕРИМЕНТ «ЧЕРНОМОР-69»



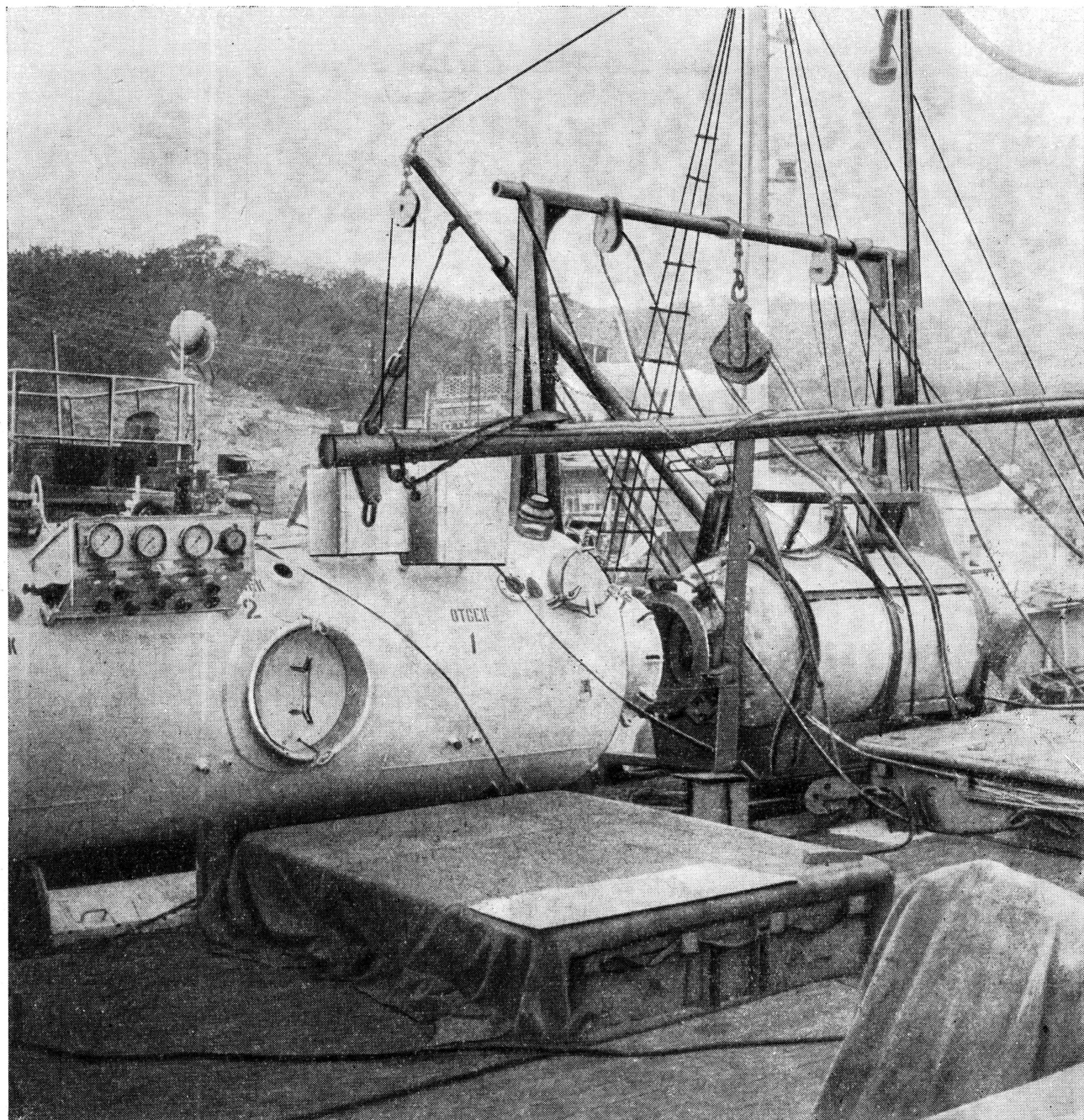
В подводной лаборатории «Черномор-2» около 20 систем: воздушно-газовая, осушки, очистки от CO , CO_2 и вредных примесей, вентиляции, освещения, сигнализации и т. п. и система дозированной подачи кислорода и азота.

На борту «Черномора» располагались газохранилища с кислородом, воздухом и азотом, боксы с аккумуляторными батареями, емкости с пресной водой, т. е. все необходимое для того, чтобы ученые могли работать две недели на грунте без участия служб обеспечения.

цвета поблекнут, да и различать их будет трудно, но мы ничего не можем с собой поделать и лазаем, красим, чистим: «Черномор» должен быть красивым.

Из-за мыса показался 100-тонный плавучий кран, и

через некоторое время он уже у берега. Рядом с этой машиной «Черномор» сразу стал очень маленьким. Мы волнуемся: спуск на воду, конечно, ответственный этап, но нас занимает другое: как поведет себя лабо-



Барокамеры, в которых акванавты проходят декомпрессию. Малая барокамера (справа) служит для быстрой доставки акванавта с глубин на поверхность в случае аварийной ситуации

ротория, станет ли вода ей родной стихией? Нам предстоит проверить это, проведя серию комплексных испытаний на различных глубинах, прежде чем «Черномор» начнет работать для океанологической науки.

ИСПЫТАТЕЛЬ ВПЕРЕДИ

Профессия летчика-испытателя стала привычной в авиации, но акванавтов-испытателей еще нет. Поэтому «Черномор» будут испытывать инженеры, создавшие подводную лабораторию. Первое погружение — на глубину 12 м.

Лаборатория стоит на грунте, экипаж занят работой, а море уже приготовило сюрприз. Циклон, который долго и спокойно удерживался где-то в Европе, вдруг сделал прыжок. Недаром метеорологи называют такие циклоны «ныряющими». На Черном море все перемешалось. Старожилы, у которых всегда «плохая память», конечно, не вспомнили такого шторма. Штормовой ветер 20 м/сек, волна 6 баллов, а «Черномор» стоит в зоне забурунивания волны. 75-тонная лаборатория буквально «плясала». После всплытия крен и дифферент достигли 40°. Плавбаза «Черномора» — понтон, стоявший в бухте на якорь, штормовым ветром выброшен на берег, специальная шлюпка «Дора», воспитанная на жестоких штормах северных морей, очутилась в 50 м от воды, на галечном пляже. Сначала с экипажем, а потом и без него, на толстом стальном буксирном тросе «Черномор» гуляет по бухте: вот он недалеко от берега в пене наката, потом, как бы поняв, что здесь небезопасно, начинает двигаться к выходу из бухты в море, и так много раз...

После заживления ран в результате испытаний на 12 м должны начаться самые ответственные испытания на глубине 25 м. «Черномор» покачивается на волне далеко от берега, вокруг него курсируют плавбаза обеспечения — средний рыболовный траулер «Сестра» и два небольших исследовательских судна «Академик Обручев» и «Капитан Чумаков». Мы на палубе одного из судов обеспечения. Ждем, когда можно начать постановку лаборатории на грунт.

Наконец, команда плавбазы оповестила о полной готовности. Степенно, скрывая волнение и боясь выгладеть суевливыми, мы облачаемся в подводные доспехи. Гидрокостюм, акваланг, маска, нож, часы, глубиномер — все, как будто бы, на месте. Наша задача — опуститься вместе с «Черномором» и успеть проверить его постановку на грунт. Если мы пробудем на этой глубине дольше положенного срока, для нас немедленно опустят малую барокамеру, чтобы поднять на поверхность. А пока мы начинаем погружаться, держась за палубу «Черномора». Вот уже поверхность над нами; светлый круг, к которому устремляются пузырьки выдыхаемого воздуха, постепенно меркнет и, наконец, совсем гаснет. Кажется, что «Черномор» повис в пространстве, и только необходимость помогать ластами и «продувать» уши, да стрелка глубиномера подтверждают, что лаборатория опускается. Все глубже, все темнее. «Черномор» кажется белым пятном. Лаборатория плавно «садится» на грунт.

Давление внутри лаборатории чуть больше, чем в окружающем нас водном пространстве, поэтому сейчас можно «сравить» избыток дыхательной смеси и открыть люк. Но люк отказывается нас впустить. Утечка в системе разгрузки люка заставляет нас поработать: вдвоем упираемся руками в 170-килограммовый люк и он с шумом поддается. Мы «входим» в лабораторию.

— Внимание! Говорит «Черномор». Как слышите? Прием! — Испытания начинаются.

КАК РЫБА В АКВАРИУМЕ

О человеке, передвигающемся с аквалангом в толще вод, часто говорят: «Как рыба в воде». Не вдаваясь в подробности этого сравнения и продолжая аналогию, про акванавта можно сказать: «Как рыба в аквариуме». Действительно, в чуждой для организма среде, в замкнутом объеме созданы условия, привычные человеческому организму. Чем не аквариум? Но подводный дом, позволяя человеку жить под водой, дает ему возможность выходить, «гулять» в водолазном снаряжении и работать в воде.

Нам предстояло проверить все системы лаборатории в действии, отрепетировать все операции, которые должен выполнять экипаж. Время выхода на поверхность с глубины 25 м после длительного пребывания под водой составляет около двух суток. За сутки можно многократно опробовать системы регенерации, осушки, дозированной подачи кислорода и другие. Таким образом, трое суток (вместе с декомпрессией, отведенные на программу испытаний, вполне достаточный срок для выявления особенностей функционирования систем «Черномора».

Перед всплытием заdraивается люк и мы двое суток не можем выйти из «Черномора», пока давление не будет снижено до нормального, не сможем воспользоваться и пневматическим убежищем «Спрут», который совсем рядом. У нас две возможности: или после декомпрессии в «Черноморе» мы выйдем на палубу, или в малой (аварийной) барокамере нас переведут в большую барокамеру плавбазы. Итак, последняя прогулка в воде, последние щелчки фотовспышки, последний контейнер с горячей пищей (переходим на чай и сухой паек), прощальный взгляд на песчаные волны, захлестнувшие ноги «Черномора», — и люк заdraивается. Лаборатория запрашивает командный пункт: «Люк и иллюминатор заdraены, прошу разрешения на всплытие!»

МЫ НА ПОВЕРХНОСТИ...

Вода здесь 23°, а внутри «Черномора» 27° при влажности 80%. Довольно жарко, но программа испытаний безжалостно требует смены патронов очистки от углекислого газа в системе регенерации. Их четыре. И каждый 90 кг. Отсоединяем, снимаем, заменяем новыми... По спине струится пот.

Постепенно в лаборатории снижается давление воздуха. Перед каждым сбросом давления — газоанализ и манипуляции с приготовлением дыхательной смеси, которая строго соответствует глубине:

25 м — 87% N₂ и 13% O₂,

20 м — 85% N₂ и 15% O₂, и так... до нормального соотношения азота и кислорода.

Наконец, пройдена последняя ступень декомпрессии. Открываем люк — какой яркий свет! Нас встречают те, кто обеспечивал эксперимент, жмут нам руки. Есть о чем рассказать, есть что обсудить, но мы пока не распоряжаемся собой. Сутки после выхода мы будем находиться под наблюдением врачей...

Испытания закончены. Комплекс «Черномор-2» проверен в действии. Теперь наше место займут ученые-акванавты, а мы станем группой технического обеспечения.

Счастливых погружений, «Черномор»!

П. А. БОРОВИКОВ
В. П. БРОВКО
А. М. ПОДРАЖАНСКИЙ
Г. А. СТЕФАНОВ
В. С. ЯСТРЕБОВ
кандидат технических наук

«ЧЕРНОМОР» служит океанологам

Как и в 1968 г., наша подводная лаборатория продолжает обживать дно Голубой бухты*. На этот раз, правда, большую часть своего «подводного времени» она работала на другом грунте: объектом исследования геологов стало поле ракуши.

Первыми обжили «Черномор-2» акванавты-геологи. У них было много забот на прошлогодних полигонах, на глубинах 10—15 м. Интересно теперь повторить измерения на тех же опытных геологических «делянках». Именно поэтому «Черномор-2» был поставлен близ прошлогодних полигонов на глубине 12 м.

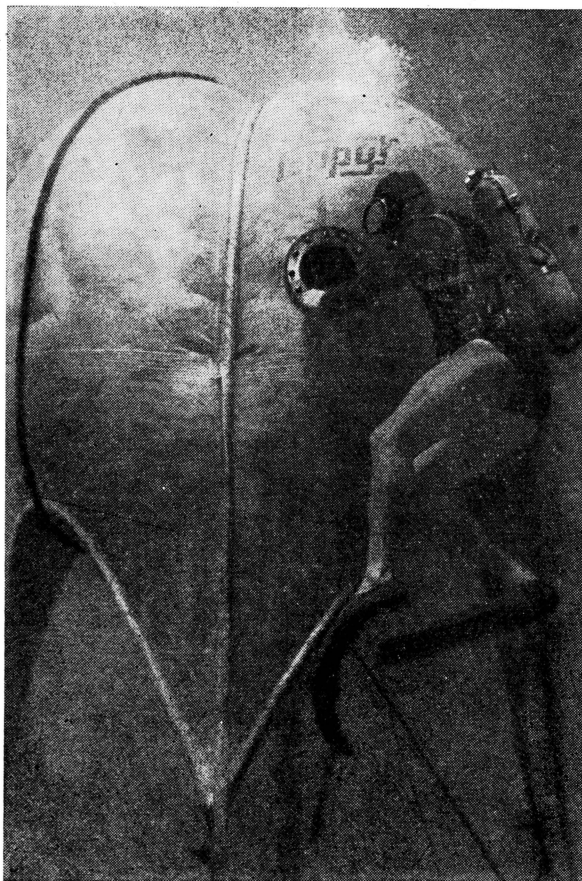
В течение восьми суток непрерывного пребывания на дне акванавты А. Ломов, С. Курилов, А. Амашукели и В. Кошель провели высокоточную нивелировку прошлогодних реперов. Результаты измерения тут же заносились мягким карандашом в «полевой» (точнее, в подводный) дюралюминиевый дневник, откуда акванавты, придя в свою обитель, переносили ценные сведения в «земные» дневники.

Что же оказалось? В прошлом году в бухте на глубинах от 10 до 20 м произошло повсеместное накопление песка и гальки. Мы построили кривую изменения объемов аккумуляции (накопления) обломочного материала по профилю Голубой бухты до глубины 20 м. Ход кривой свидетельствует об уменьшении интенсивности аккумуляции в сторону моря. Если на полигоне площадью 400 м², расположенном на глубине 10 м, отложилось около 120 м³ осадков, то на глубине 15 м их уже около 80, а на глубине 20 м лишь 24 м³. Это — первые количественные данные об интенсивном перемещении наносов там, где, как предполагалось ранее, волны не «тревожат» дно. Портовики спокойно устраивают на этих глубинах свалки грунта, проектировщики портовых оградительных сооружений взирают на них без особых опасений; теоретики в составлении схем развития морских побережий считают зону глубин до 20 м слабо влияющей на динамику береговой зоны в целом. Теперь придется отодвинуть «морской берег» подводной песчаной реки и считать его проходящим на глубинах 25—30 м.

Откуда взялся материал для образования такого весьма внушительного подводного шлейфа? На этот вопрос ответили акванавты. У каждого репера (а их на каждом полигоне 25) они тщательно отобрали пробы грунта в геологические мешочки. После анализа собранных проб выяснилось, что подводный шлейф образован из материала, поступившего с берега. С моря песок поступить не может: начиная с глубины 22—25 м дно сложено ракушей.

Итак, если этот материал образовался в результате разрушения береговых обрывов бухты и пляжа, то ка-

* Н. А. Айбулатов. Океан исследуется изнутри. «Земля и Вселенная», № 2, 1969 г.



Подводное пневмобезище «Спрут» на глубине 26 м
Фото Ю. Транквиллицкого («Советский Союз»)

кие же силы могли сместить его на глубины до 20 м, на расстояние около 800 м от берега, а возможно, и дальше.

Оказывается, во время волнений, направленных по оси бухты, внутри нее возникают мощные разрывные течения в сторону моря. Целый ряд замеров, а также косвенные наблюдения акванавтов в 1968 и 1969 гг. свидетельствуют о частой повторяемости таких течений и их больших скоростях. Что же происходит? Волна разрушает берег и готовит новые порции песка и гальки, а разрывные течения увлекают их вниз по подводному склону в море. Так, между прочим, происходит выполаживание морского дна. Да и волна подчас навещает глубину 24 м. Ее и здесь ощущали акванавты: «Черномор» «прыгал» по дну в такт прохождения гребней грозных водяных валов.

Анализ собранных проб грунта дал возможность подметить еще одну замечательную особенность характера осадкообразования в верхней части шлейфа: даже на близких участках (до 5 м) осадки очень разнообразны. Такая пестрота осадков на очень ровном дне была для геологов неожиданностью. Чего же можно ожидать на дне, осложненном различными рывтинами, выходами коренных пород, подводными оползнями? Теперь и раздумывай о ценности грунтовых съемок с

помощью дночерпателей, опускаемых с корабля всплывающую. Поистине прав скандинавский ученый Г. Блегвад, который еще в 1908 г. говорил: «С помощью драги исследователь моря получает настолько же отвечающее действительности представление о морском дне, как и представление о земной жизни экипажа воздушного корабля, который закинул сеть на один из городов и в качестве добычи получил полисмента, камни и детскую коляску».

Не ускользнули от внимания геологов и донные песчаные микроформы, обычно называемые рифелями. Разнообразие форм и характер их динамики во время волнений разной силы дают возможность понять механизм перемещения донных наносов. Пользуясь простым, но достаточно точным прибором, акванавты даже при плохой видимости получали все параметры рифелей. Для изучения слоистости донных отложений акванавтам пришлось рыть настоящие шурфы, закрепляя их стенками щитами из органического стекла.

В течение нескольких часов в районе ярко окрашенного буйка бил фонтан: в этом месте геологи вели бурение непосредственно со дна. Буровой пневмостанок позволил пробурить дно бухты на 11,2 м, причем часть скважины пройдена в коренных породах. Оказалось, что для бурения непосредственно со дна не понадобился ни корабль, ни эстакады, ни искусственные острова. Возможно наиболее экономный способ бурения на море связан с пребыванием человека на дне. Многие нефтяники лучше чем кто-либо понимают, каков может быть практический вывод из этих пока еще пробных и робких шагов.

Напряженная работа геологов-акванавтов «Черномора» позади. Почти 60 часов акванавты находились вне лаборатории — в свободной воде. Около 80 выходов за 8 суток.

С 27 сентября по 13 октября в «Черноморе» на глубине 25 м работал экипаж в составе В. Николаева, Ю. Калинина, В. Усольцева, С. Курилова и А. Ломова.

Основной задачей экипажа было изучение флюктуаций среднего уровня подводной освещенности. Эти колебания обусловлены, в основном, волнением на поверхности моря. В чем же заключалась работа акванавтов? Поблизости от «Черномора» была установлена металлическая мачта. На мачте акванавты смонтировали несколько ярусов измерителей подводной яркости, подводной и надводной освещенности, скорости ветра, течения и температуры воды, волнения. Показания этих измерителей по кабелям передавались в подводную лабораторию, где они регистрировались на ленте шлейфового осциллографа. Вне подводной лаборатории акванавты подолгу работали на мачте, ориентируясь должным образом измерители яркости, меняя их поле зрения, устанавливая различные светофильтры, очищая оптические поверхности от обростаний и т. д.

Внутри подводной лаборатории акванавты работали так, как работают исследователи в любой физической лаборатории: налаживали аппаратуру, регистрировали показания различных измерителей, записывали условия эксперимента. Самый главный результат — экспериментальное подтверждение возможности установить количественные связи между характеристиками волнения на поверхности и характеристиками спектра флюктуаций на глубине.

На всех глубинах, где стоял «Черномор», его сопровождал дом-спутник «Спрут-V». Это пневмоубежище спроектировано и выполнено по нашему заказу Центральным опытно-конструкторским бюро специального оборудования (Москва). Дом-спутник — надувная палатка каплеобразной формы с диаметром полусферы 2,4 м; высота его 1,8 м, объем — 6 м³. В «Спруте» помещались два акванавта, которые могли находиться там до нескольких часов, используя его как временное

Из дневника командира экипажа «Черномор-2»

27 сентября
1969 г. Раннее утро.

Последний завтрак на поверхности... А на глубине 25 м нас уже 12 часов ждет «Черномор». Погружаемся вдоль кабель-тросов связанного буйа. Наверху вода довольно теплая, а здесь у «Черномора» она леденит тело даже через теплое водолазное белье и гидрокостюм, который на поверхности в этот жаркий сентябрьский день многим кажется явным излишеством.

8 часов 45 минут. Вошли в подводную лабораторию, в 9.10 установили телефонную связь с командным пунктом на берегу и радиосвязь с плавбазой.

Газоанализ показал повышенное содержание кислорода в атмосфере подводной лаборатории. В 15.15 начали поддув азота по шлангу с плавбазы. Запасов азота на плавбазе не хватило для снижения содержания кислорода до нормы. Но у нас на борту подводной лаборатории азот имеется в двух 500-литровых баллонах. Садимся за расчеты. Итак, задача для ученика 5 класса: имеется 1000 литров азота под давлением 100 атмосфер, внутренний объем «Черномора» 50 кубометров, содержание кислорода — 14%. На сколько атмосфер нужно понизить давление в баллонах, сбросив азот в отсеки подводной лаборатории, чтобы содержание кислорода в лаборатории составило 12%? На минуту задумываемся, и... с недоумением смотрим друг на друга. Не можем сосчитать! Да, плоховато работает «серое вещество» в первые сут-

ки под водой. — Адаптация.

28 сентября.

Сегодня с разрешения нашего врача В. А. Гриневича я поднялся по мачте до отметки 9,5 м от поверхности. Все в порядке, Гриневич рассчитал, что быстрый подъем акванавта из подводной лаборатории для непродолжительной (1—2 минуты) работы на глубине 5—10 м вполне безопасен. И я с большим удовольствием подтвердил справедливость этих расчетов.

Природа, оказываясь, не так уж строго следит за нашими перемещениями по вертикали. — Очень приятное для акванавтов открытие.

29 сентября.

Монтируем датчики на мачте, проверяем паутину кабелей, идущих от мачты к палубе подводной лаборатории. Готовим регистрирующую аппаратуру внутри подводной лаборатории...

Верхушка мачты метров на 5 возвышается над поверхностью воды. Сверху донизу мачта увешана приборами для измерения надводной и подводной освещенности, яркости подводного света, скорости ветра, высоты волн и некоторых других параметров.

Мы собираемся здесь, в холодной глубине, ловить подводных «зайцев» (каждый подводник видел подводных «зайчиков», бегущих на мелководе по дну). Правда, будем ловить не руками, а чувствительными приборами. В научной программе экипажа наше занятие именуется очень солидно: «регистрация флюк-

убежище и базу для отдыха. В течение нескольких дней из «Спрута» проводилась совершенно самостоятельная океанографическая программа.

Физиолого-гигиенические исследования велись на протяжении всей работы подводной лаборатории. В результате была сделана гигиеническая оценка микроклимата лаборатории, включая оценку микробной флоры внутренней атмосферы; изучались иммуно-биологические показатели, газообмен, энергозатраты, проводились психологические исследования. Полученные материалы в настоящее время обрабатываются. Благоприятный микроклимат подводной лаборатории и правильный режим труда позволили акванавтам выполнить большую и трудную работу.

Итак, эксперимент позади. Каковы дальнейшие шаги «Черномора»? Геологи приступят к решению одной из самых интересных задач морской геологии — к изучению так называемых суспензионных потоков. Очень важно определить, с какими явлениями и процессами связано зарождение грозных потоков, которые при своем движении в сторону моря увлекают огромные массы обломочного материала, рвут кабели, нефтепроводы, размывают стенки и днища каньонов. Как подойти к исследованию таких потоков? Основой планируемых работ будут служить замеры скоростей движения потоков, систематическая повторная геодезическая

туаций естественного светового поля под водой». «Зайцы» должны выдать нам информацию о волнении на поверхности моря, характере освещения поверхности, оптических характеристиках воды и световом режиме глубин.

30 сентября.

Сделали первые записи флюктуаций освещенности... Итак, спасайтесь «зайчики», — охота началась! Но начались и приключения. Ночью в 3.30 меня разбудил Юра Калинин. Голос возбужденный: «В среднем люке течь!»

Поначалу было желание продемонстрировать «командирское» хладнокровие и повернуться на другой бок — уж очень спать хотелось. Да где там! Не хватило характера. Встал. Из водолазной зоны доносилось непревычное журчание: из-под среднего люка в водолазную шахту текла маленькая струйка воды...

Кому-то из нас пужно подняться на палубу «Черномора» и проверить надежность задрайки верхнего люка и уравнильных клапанов. Но всем хочется спать, а в воде 12°, да и в лаборатории холодно, после сна мы уже продрогли.

Так кому идти? «Ну что ж, я пойду», — тусклым голосом сказал Усольцев. Смущенно глядя, мы помогли ему надеть гидрокостюм и акваланг. Открыли средний люк, слили из плюзовой шахты накопившуюся воду. А там и было-то всего литров двадцать...

1, 2, 3 октября.

Пятые, шестые, седьмые сутки под водой. Размеренные, насыщенные работой дни. Ловим «зайчиков», работаем на мачте, в «Черноморе», с осциллографом и блоками питания забортных датчиков. Но есть и другая работа: разбивка геоло-

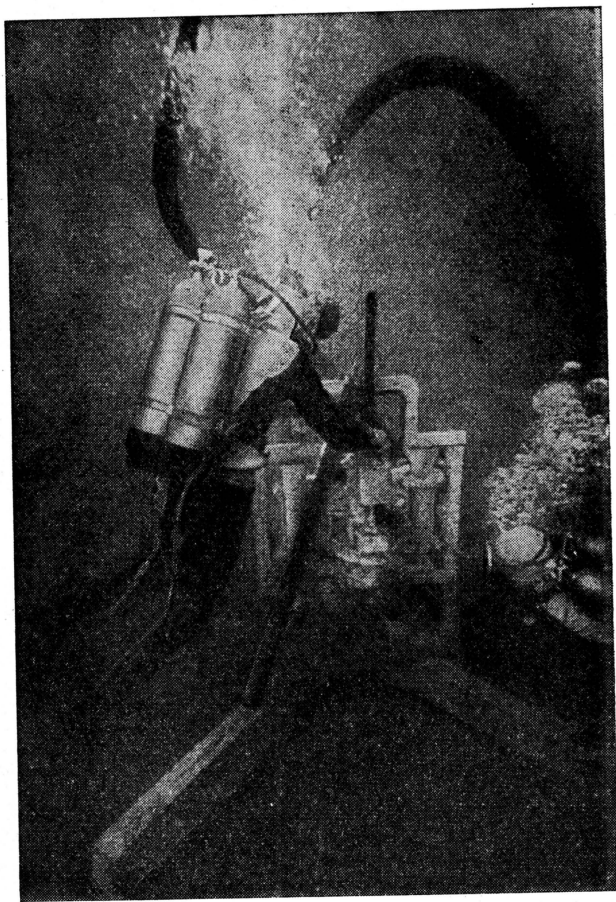
гического полигона (метрах в шестидесяти от «Черномора»), замена баллонов в кислородной кассете (мы уже израсходовали 24 000 литров кислорода), домашнее хозяйство.

4 октября.

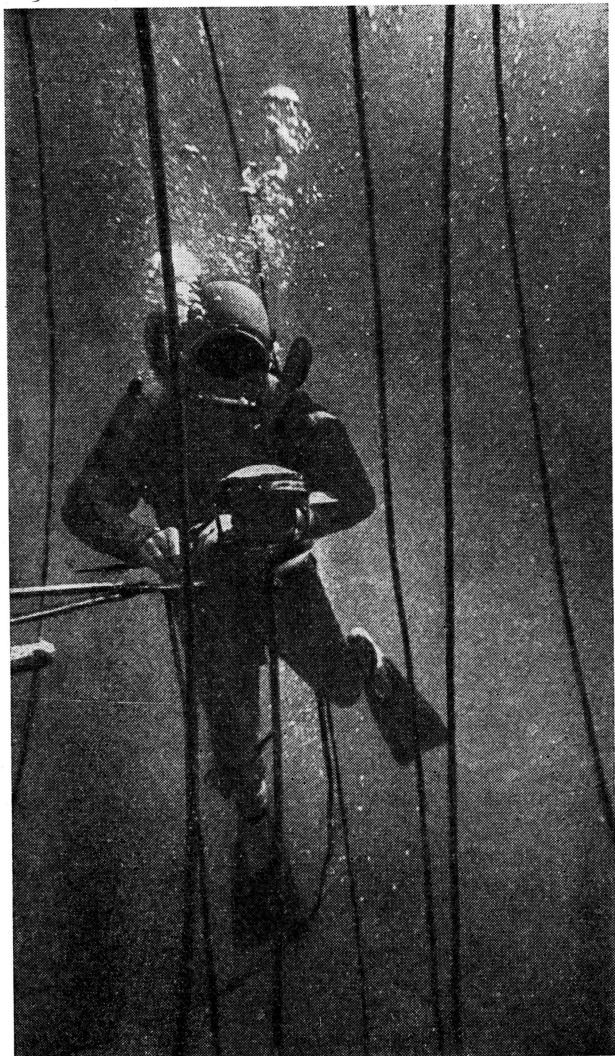
...Наверху пасмурно: мы не видим «зайчиков» на экране осциллографа. Вода серая, мутная. Сегодня к нам спустились И. М. Овчинников (директор Южного отделения), М. Ростарчук и О. Галушко (корреспонденты газеты «Известия»), Ю. Транквилицкий (фотокорреспондент журнала «Советский Союз»). Всех их поочередно «доставляли» к нам под конвоем усиленного наряда... водолазов обеспечения. Очень приятно было побеседовать с полномочными представителями «верхнего мира», но увы, чем дороже нам гости, тем быстрее и настойчивее просим их покинуть наш дом. (Помни о «кессонке» всяк сверху входящий!)

5, 6, 7 октября.

Девятый, десятый, одиннадцатый день жизни под водой. Продолжаем регистрировать флюктуации подводного света. Юра Калинин обслуживает многочисленные системы лаборатории и определяет содержание кислорода и углекислого газа в атмосфере жилища. (Прочие анализы и измерения мы делаем все по очереди.) «И. о. подводного геолога» Усольцев закончил набивку штырей на геологическом полигоне, теперь он собирает пробы грунта, замеряет параметры донной ряби. Кстати, здешняя донная рябь — это не рябь, а настоящие подводные песчаные валы, образованные, видимо, очень сильными течениями. Высота этих валов до 20 см, длина — до полутора метров.



Подводная буровая установка на грунте
Фото Ю. Транквилицкого («Советский Союз»)



Акванавт-гидрооптик в паутине кабелей у гидрофизической мачты

Фото Ю. Транквилицкого («Советский Союз»)

съемка дна на экспериментальных полигонах, изучение структуры потоков оптическими методами. Предполагается искусственно возбуждать потоки подводными взрывами; запланированы эксперименты с мечеными песками... В программе предусматривается подводное бурение на бортах и днище каньонов.

Расширяется постепенно и сфера деятельности акванавтов. Если в 1968 г. акванавты, выходя из подводной лаборатории, могли подниматься над дном не более чем на 4—5 м, то уже в 1969 г., работая на гидрофизической мачте, акванавты «Черномора» поднимались на 14—15 м. Значительные перемещения по вертикали планируются и в работах 1970 г.

Н. А. АЙБУЛТОВ
кандидат геолого-минералогических наук
В. П. НИКОЛАЕВ
кандидат технических наук
И. М. ОВЧИННИКОВ
кандидат географических наук

7 октября.

Продолжаем регистрацию флюктуаций подводного светового поля, закончили работы на геологическом полигоне. В последние дни температура воды временами опускалась до 15—16°, предыдущие дни она неизменно держалась в интервале 18—20,5°.

...Во второй половине дня пошла длинная крупная зыбь. Нас покачивает, амплитуда качки в корме 15—20 см. Носовая часть «Черномора» с характерным скрипом елзист по грунту. Температура воды в течение дня 9,8—14,2°. В «Черноморе» стало холодновато. Друзья присылают нам теплые вещи. На вахте сижу в меховом костюме.

8 октября.

...Вода мутная, холодная. Температура 8,0—13,0°. Наверху сплошная облачность. Флюктуаций нет... В 11.00 к нам «подсажен» пятый — Слава Курилов, водолаз второго класса, инженер-океанолог. Он будет изучать структуру придонных течений методами подводной фотосъемки.

9 октября.

Сделана хорошая серия измерений с яркомерами и измерителями освещенности. Температура воды 10,8—18,0°. У всех бодрое рабочее настроение, отличное физическое состояние. А наверху все чаще поговаривают: «Пора бы и кончать».

Удивительно обостряется слух на дне: по скрежету тросов связанного буя или цепи рейдовой бочки мы узнаем, как меняется на поверхности волнение и течения, по характерному стуку дизеля определяем, как подходит и уходит от плавбазы «Капитан Чумаков», слышим, как ныряют по бухте, взвывая своим подвесным мотором, легонькая алюминиевая шлюпка «Казанка». Иногда слышим могу-

чий рев авиационных двигателей рейсовых «Комет» — они прижимаются к берегу значительно ближе, чем это рекомендуется «Лопцей Черного моря».

10 октября.

Проведена большая серия записей флюктуаций освещенности и яркости. С. Курилов фотографировал на своем полигоне. Испытывали новый акваланг «Украина-3» (в автономном варианте). Аппарат всем понравился. Несколько дней назад В. Усольцев и А. Ломов занимались испытанием двух моделей подводных портативных гидролокаторов конструкции клуба «Барракуда».

А штаб эксперимента решил нас все-таки поднимать завтра. Жаль.

11 октября.

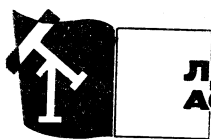
Последний день на дне... В 11.00 исследовательские работы закончены. Готовимся к всплытию. Сегодня мы продемонстрировали отличную физическую форму: за полдня вчетвером, ничуть не устав, отработали вне подводной лаборатории больше восьми часов.

Получили с поверхности контейнер с обедом, но есть некогда. В 13.50 задраили люк водолазной шахты. Начали продувку основных балластных цистерн. Появился и начал расти дифференциал на нос подводной лаборатории. В 14.30 всплыли. Началась декомпрессия — процесс длительный и неприятный.

13 октября. Полдень.

Давление в подводной лаборатории сравнялось с атмосферным, через верхний люк мы переходим из «Черномора» на палубу плавбазы.

...Первые земные ощущения — привкус озона в воздухе, необычайная яркость синего моря, голубого неба, багряно-желтой осенней листвы.



Наблюдайте звезды типа RR Лиры

Звезды типа RR Лиры * принадлежат к числу особенно увлекательных и благодатных объектов для наблюдений. На протяжении одной ночи наблюдатель может проследить за быстрыми колебаниями блеска звезды. Отойдя от телескопа для записи наблюдения и снова подойдя к нему, чтобы выполнить новую оценку блеска, наблюдатель видит звезду изменившейся. Кроме блеска, у звезд типа RR Лиры изменяются периоды и форма кривой блеска. За этим явлением необходимо следить систематически.

Наблюдать звезду типа RR Лиры один раз в течение ночи бессмысленно. Ее надо наблюдать через каждые 10 минут на протяжении всей ясной ночи. Когда же блеск звезды возрастет, оценки блеска следует делать чаще, через 5—7 минут, иначе можно пропустить восходящую ветвь кривой. Полезно знать заранее, около какого момента должна начаться восходящая ветвь кривой блеска. Правда, точное знание предсказанного момента максимума может ухудшить наблюдения.

Допустим, что в течение ночи наблюдатель получил много оценок блеска и записал время с точностью до минуты, а в некоторых случаях до 0,1 минуты. Что ему делать дальше?

Прежде всего необходимо вычислить блеск звезды, а затем в достаточно крупном масштабе изобразить полученные результаты на графике. Проведя по точкам плавную кривую блеска, надо по методу хорд определить момент и величину максимального блеска.

Так как периоды звезд типа RR Лиры короткие, момент максимума блеска определяется обычно достаточно точно — со случайной ошибкой, редко превосходящей 2—3 минуты. Поэтому совершенно необходимо наблюдения «привести к центру Солнца», т. е. учесть влияние движения Земли и конечной скорости света на момент наблюдений. К моментам наблюдений прибавляется поправка, вычисляемая для всего вечера по формуле:

$$\delta = -8^m,31 \cos \beta \cos (\lambda - \lambda_{\odot}),$$

где λ — эклиптическая долгота звезды, β — ее эклиптическая широта, а $\lambda_{\odot}$ — эклиптическая долгота Солнца, которая берется для данной даты из «Астрономического календаря». Исправленный момент называется гелиоцентрическим. Затем по формуле $M_{\text{max}} = M_0 + P \cdot E$ следует вычислить эфемеридный момент максимума, который мы обозначим через C , и вычтя его из наблюденного, обозначаемого буквой O , получить поправку эфемериды $O-C$.

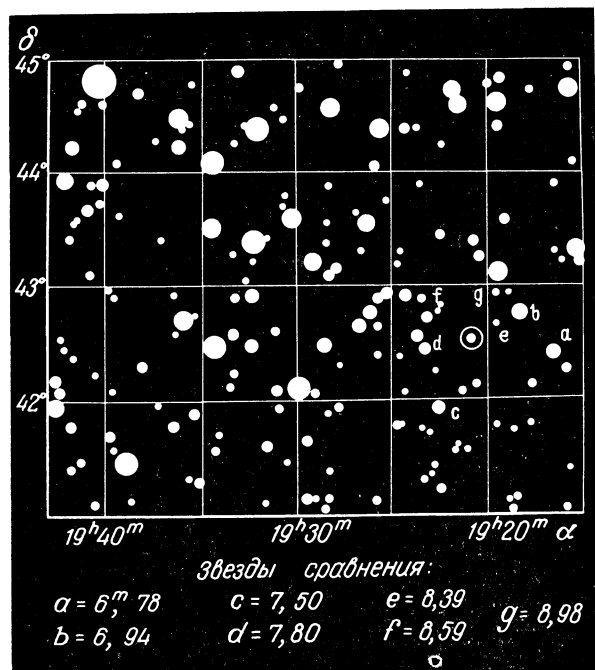
Эти поправки у некоторых звезд испытывают периодические изменения в результате эффекта Блажко, поэтому определения $O-C$ очень важны. Однако единичная поправка эфемериды еще не дает нам полной

информации. Конечно, она представляет известную ценность, когда организована регулярная «служба» поправок эфемерид.

Гораздо большую информацию можно получить, если сопоставить между собой наблюдения звезды, выполненные в течение длительного промежутка времени. В этом случае можно судить о стабильности периода звезды, о его «вековых» изменениях.

На примере звезды AG Геркулеса покажем, как можно проследить «вековые» изменения периода.

Эту переменную звезду открыл в 1922 г. Фуруелм, который определил ее период. Затем советский астроном П. П. Паренаго, пользуясь снимками неба, полученными на Московской обсерватории еще до открытия переменности этой звезды, вычислил момент максимума и уточнил значение периода. Наблюдал звезду визуально и автор. А в последнее время он определил несколько моментов максимума по фотографическим снимкам неба, накопленным в Одессе. Полная сводка



Карта окрестностей и звезды сравнения RR Лиры (отмечена кружком). Яркая звезда в левом верхнем углу — δ Лебеда

* Подробнее об этом типе переменных см. «Земля и Вселенная», № 3, 1970 г. (Прим. ред.)

наблюденных моментов максимума переменной звезды AG Геркулеса дана в таблице.

В первом столбце таблицы указано, кто наблюдал звезду. Во втором приведены гелиоцентрические моменты максимума, в третьем — номер максимума E , в четвертом — моменты максимума, вычисленные по формуле:

$$\text{Мах. гел. } JD = 2\,427\,662,188 + 0,6494382 \cdot E.$$

В пятом столбце даны остатки $O-C$.

Как видно из таблицы, вначале остатки $O-C$ очень малы, а затем постепенно увеличиваются. Это означает, что поведение звезды нельзя описать одной формулой. Чтобы улучшить формулу и сделать ее подходящей для описания поведения звезды после момента $JD\,2\,427\,662$, составляют условные уравнения вида $m + pE = O - C$:

$$m + 0p = +0,027$$

$$m + 13\,404p = +0,123$$

$$m + 14\,003p = +0,136 \text{ и т. д.,}$$

где m — поправка начального момента максимума, а p — поправка величины периода. Эти семь уравнений нужно решить по способу наименьших квадратов. В ре-

Наблюдатель	Набл. Мах. гел. O	E	Выч. Мах. C	$O - C$	$O - B$
Паренаго	2 418 210,274	-14 554	2 418 210,264	+0,010	
Фуруелм	22 935,584	-7 278	22 935,577	+0,007	
Цесевич (виз.)	6 952,361	-1 093	6 952,352	+0,009	-0,003
«	7 662,215	0	7 662,188	+0,027	+0,006
Цесевич (фот.)	36 367,381	+13 404	36 367,258	+0,123	-0,009
«	6 756,408	+14 003	6 756,265	+0,136	0,000
«	7 378,576	+14 961	7 378,433	+0,143	-0,002
«	7 810,462	+15 626	7 810,309	+0,153	+0,002
Цесевич (виз.)	7 903,326	+15 769	7 903,179	+0,147	-0,005
Цесевич (фот.)	8 164,422	+16 171	8 164,253	+0,169	+0,014

зультате найдем $m = +0,021$ и $p = +0,0000083$. Введя эти поправки в исходную формулу, служившую для вычисления эфемериды C , получим формулу, которая описывает наблюдения после момента $JD\,2\,427\,662$:

$$\text{Мах. гел. } JD = 2\,427\,662,209 \pm 0,6494465 \cdot E.$$

Остатки ($O-B$) наблюдаемых моментов от вычисленных по этой формуле приведены в шестом столбце.

У большинства звезд типа RR Лиры периоды подвержены вековым изменениям. Поэтому необходима планомерно организованная «служба» этих звезд. До войны советские наблюдатели Г. А. Ланге, Б. В. Кукаркин, П. П. Паренаго, А. В. Соловьев, Н. Ф. Флоря, автор и другие регулярно следили за многими из этих звезд. Теперь такая служба восстановлена. Ежегодно в Одесской обсерватории производится проверка элементов звезд типа RR Лиры, а в Краковской обсерватории на основании проверенных элементов вычисляются эфемериды, которые публикуются в специальном издании. Эта коллективная работа нуждается в непрерывных наблюдениях, и крайне желательно, чтобы в ней участвовало много наблюдателей. Такие наблюдения вполне доступны всем, у кого есть хотя бы небольшой телескоп. Карты звезд сравнения можно получить в Одесской обсерватории.

Советуем начинать наблюдения звезд типа RR Лиры с двух наиболее ярких: RR Лиры и X Овна. Их можно наблюдать в бинокль и в маленький телескоп. Сообщаем координаты и величины этих звезд в максимуме и минимуме блеска:

	$\alpha\,1900$	$\delta\,1900$	Мах	Min
RR Лиры	$19^h22^m16^s$	$+42^\circ35',3$	$6^m,9$	$8^m,0$
X Овна	$03^h03^m06^s$	$+10^\circ03',9$	$9^m,0$	$9^m,9$

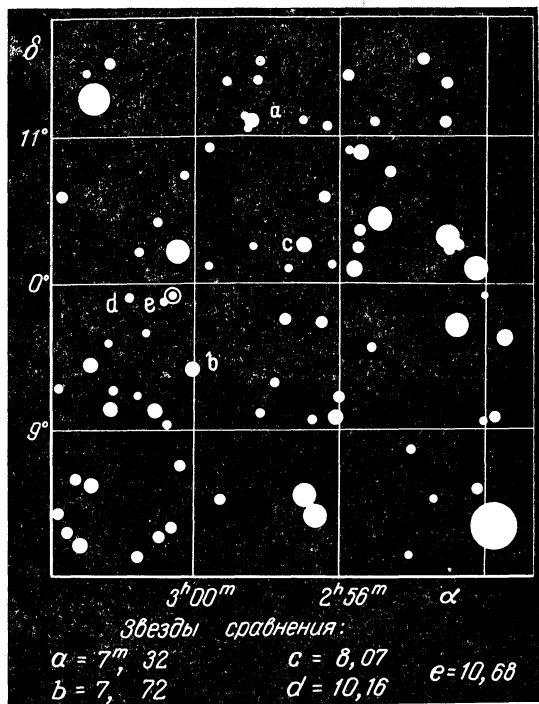
Для вычисления эфемерид даем элементы этих звезд:

$$\text{RR Лиры Мах. гел. } JD = 2\,438\,215,377 + 0,566330 \cdot E.$$

$$\text{X Овна Мах. гел. } JD = 2\,437\,583,568 + 0,651139 \cdot E.$$

Результаты наблюдений звезд RR Лиры просим направлять в Одесскую обсерваторию (Одесса, ГСП-714, Парк Шевченко, Астрономическая обсерватория).

В. П. ЦЕСЕВИЧ
профессор



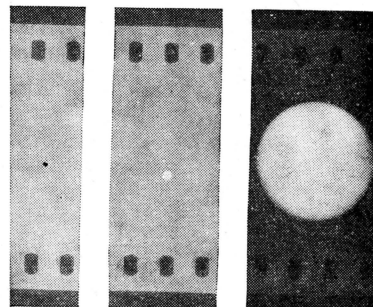
Карта окрестностей и звезды сравнения X Овна (отмечена кружком). Самая яркая звезда (справа внизу) — λ Кита

Фотографирование Солнца комбинированной оптикой

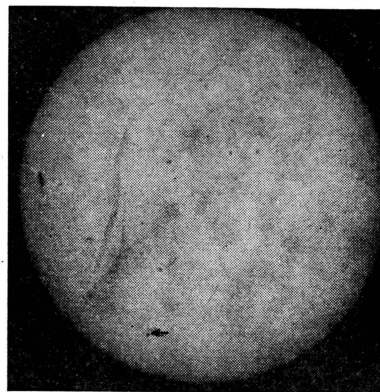
Среди небесных светил (не считая комет) наибольшие угловые размеры у Солнца и Луны — около половины градуса в диаметре. Но объект диаметром в полградуса дает до смешного малое изображение в фотоаппарате с обычной оптикой. Поэтому любители астрономии, не имеющие никаких астрономических инструментов, редко направляют свои фотоаппараты на небесные тела. Многие из них, однако, и не подозревают о том, чего можно достигнуть, если полностью использовать силу обычных фотографических объективов. Такую возможность предоставляет комбинирование объективов.

Многие имеют фотоаппараты со сменной оптикой, но немногие знают, что двумя объективами с разным фокусным расстоянием можно снимать не только порознь, но и комбинируя их в одну оптическую систему, которая будет давать изображение гораздо большего размера, чем каждый из составляющих ее

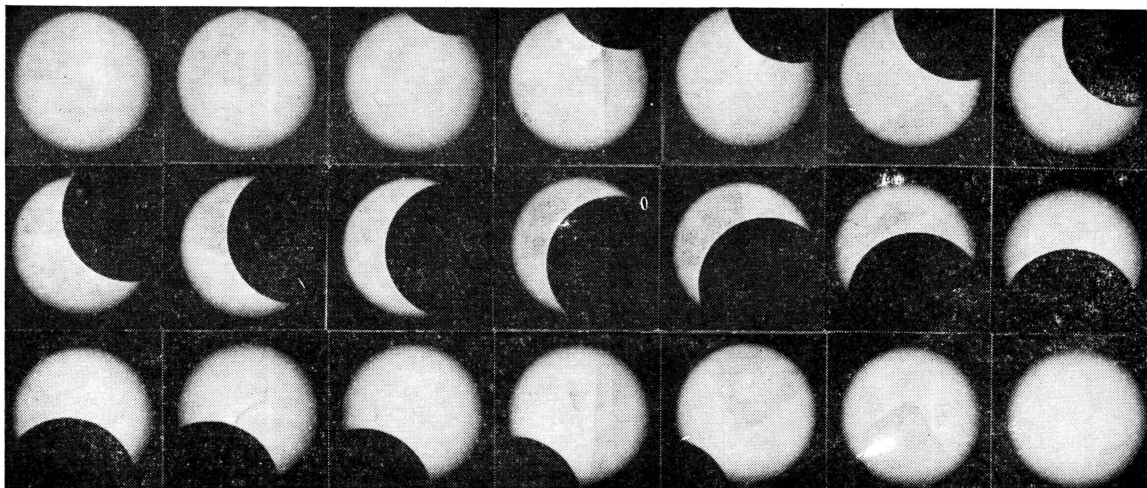
Контактные отпечатки снимков Солнца, сделанных 4 декабря 1969 г. в Лос-Анджелесе 50-миллиметровым объективом «Лейки» (крайний левый снимок), длиннофокусным 135-миллиметровым объективом «Лейки» (в центре) и комбинацией 28- и 135-миллиметровых объективов

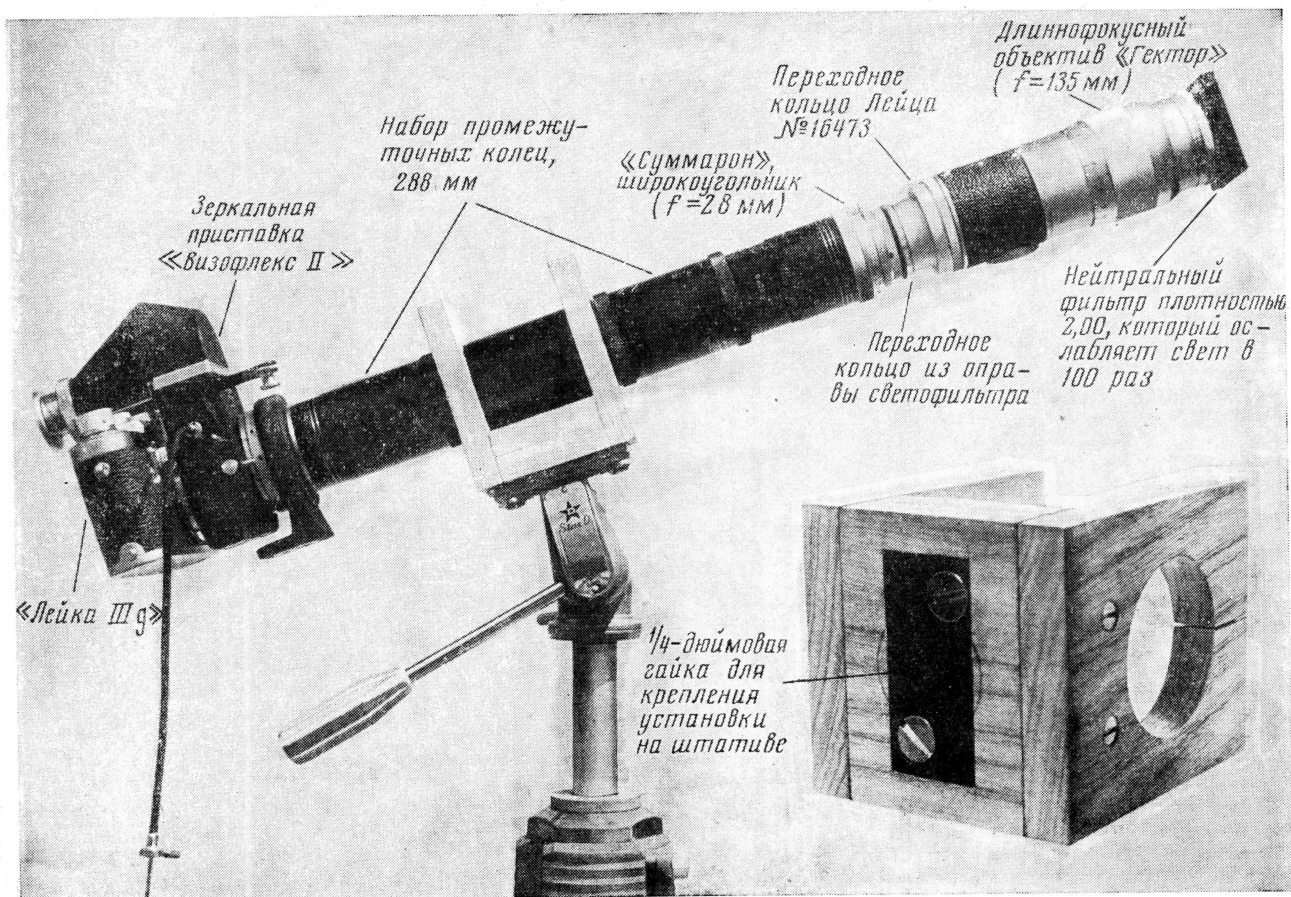


Прохождение Меркурия (отмечен стрелкой) по диску Солнца 7 ноября 1960 г. Снимок получен на установке с комбинацией двух объективов



Частное затмение Солнца 11 сентября 1969 г. в Лос-Анджелесе. Снимки сделаны фотоаппаратом «Лейка» с комбинацией двух объективов





Установка с комбинацией двух объективов, позволяющая получать изображение Солнца диаметром 15,3 мм. В правом нижнем углу — держатель тубуса

объективов. Такая комбинация представляет собой миниатюрный рефрактор, в котором объективом и окуляром служат, соответственно, длиннофокусный и короткофокусный объективы фотоаппарата.

Способ комбинирования объективов вполне пригоден для фотографирования Солнца, так как многократное ослабление яркости солнечного изображения, неизбежное при многократном увеличении, не только не является помехой, но даже выгодно. Однако и в этом случае необходим фильтр для ослабления яркости изображения Солнца, правда, фильтр гораздо меньшей плотности, чем при съемке Солнца обычной оптикой.

В моей установке с комбинацией двух объективов использованы длиннофокусный 135-миллиметровый и короткофокусный 28-миллиметровый объективы. Эквивалентное фокусное расстояние системы равно 1654 мм; а относительное отверстие 1:196. Изо-

бражение Солнца на пленке имеет поперечник 15 мм и при печати может быть значительно увеличено.

На этой установке я получил серию снимков частного затмения Солнца. При фотографировании применялся нейтральный фильтр плотностью 2,00, который ослабляет свет в 100 раз. Длиннофокусный объектив был задиафрагмирован до 1:16, широкоугольник работал полным отверстием.

Прежде чем приступить к фотографированию Солнца, нужно навести фотоаппарат на бесконечность. Если фотоаппарат не зеркального типа (как в моей установке) и вообще не имеет матового стекла, то необходимо сделать приставку с матовым стеклом, которая заменит фотоаппарат при наведении на бесконечность. Определив этот фокус, приставку следует заменить фотоаппаратом, а затем снимать, не меняя наводки на фокус. В видоискателе смотреть нельзя без соответствующего фильтра, да и не

нужно. Если держать белую картонку перед окуляром видоискателя, на ней получится размытое световое пятно, по которому нетрудно поместить изображение приблизительно в центр кадра.

Нужно помнить о том, что на изображение Солнца в аппарате смотреть нельзя (испортить зрение можно за малую долю секунды) и что легко прожечь затвор, особенно шторный. Поэтому объектив полагается держать закрытым, например, небольшой, легкой картонной коробочкой. Обычная, плотно надевающаяся крышка объектива неудобна из-за возникающих вибраций. Когда аппарат готов к съемке, нужно снять коробочку и, держа ее перед объективом, подождать пока вибрации установки прекратятся, потом убрать коробочку в сторону, нажать спуск затвора (тросиком!) и сейчас же снова надеть коробочку на объектив.

А. Д. БОЙКО (США)

ПЛАНЕТЫ В НОЯБРЕ — ДЕКАБРЕ 1970 ГОДА

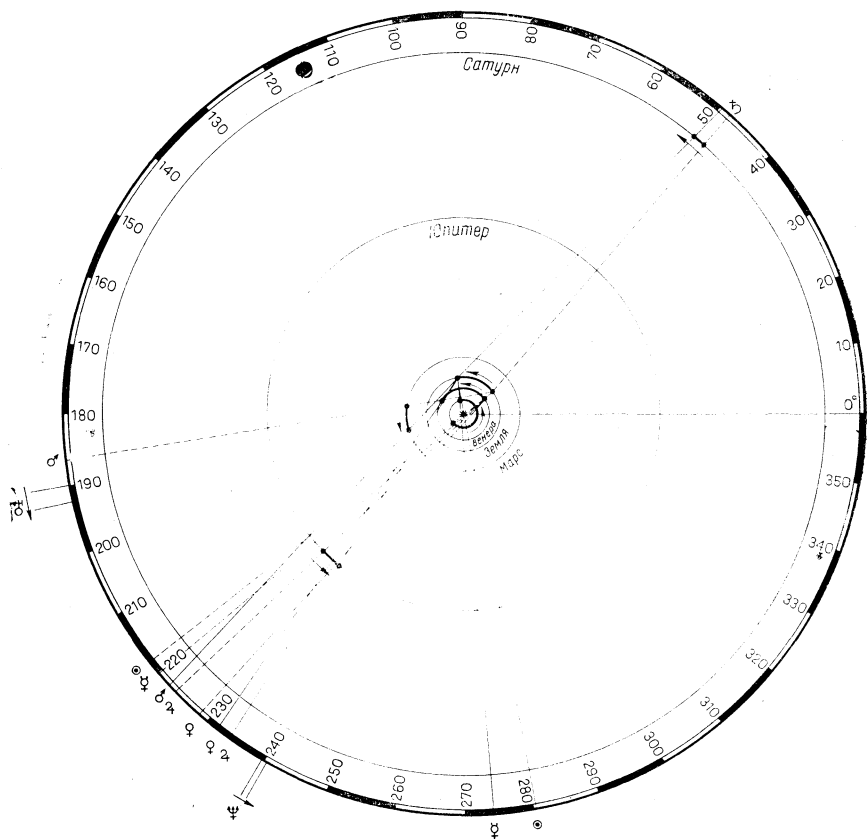
ПОЛОЖЕНИЕ ПЛАНЕТ НА ОРБИТАХ. Перед вами — орбиты планет Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера и Сатурна, спроецированные на плоскость. Масштаб чертежа $0,5 \text{ см} = 1 \text{ а.е.}$ (149,6 млн. км). На внешней окружности отложены градусы астрономической долготы; за начало отсчета принято направление на точку весеннего равноденствия.

В течение ноября — декабря каждая планета проходит участок орбиты, который выделен жирной линией. Направление движения показано стрелкой. Точками отмечено положение планет на 1 ноября 1970 г. и 1 января 1971 г. Положение Урана и Нептуна на эти же числа указано штрихами, которые вынесены за пределы внешней окружности. В принятом масштабе чертежа Уран должен находиться на расстоянии 9,2 см, а Нептун — 15,2 см от Солнца.

Линии, соединяющие Землю и планеты и продолженные до внешней окружности, показывают, как проецируются планеты на небосвод. Штриховые линии — положение планет на 1 ноября 1970 г., а сплошные — на 1 января 1971 г. Такими же линиями отмечены положения Солнца.

Нетрудно найти, что 1 ноября 1970 г. Солнце имеет видимую долготу около 218° , Меркурий около 220° (на 2° восточнее Солнца), Юпитер около 224° (на 6° восточнее Солнца), Венера около 232° (на 14° восточнее Солнца), Марс около 186° (на 37° западнее Солнца) и Сатурн около 49° , следовательно, Марс виден в утренние часы, Меркурий и Юпитер не видны из-за близости к Солнцу, Венера видна в вечерние часы, а Сатурн находится в противоположной Солнцу стороне, поэтому условия его видимости наилучшие.

КАРТА ВИДИМЫХ ПУТЕЙ ПЛАНЕТ (стр. 73) состоит из двух частей зодиакального пояса: зимней (прямые восхождения от 0 до 12° склонения от -10 до $+35^\circ$) и летней (прямые

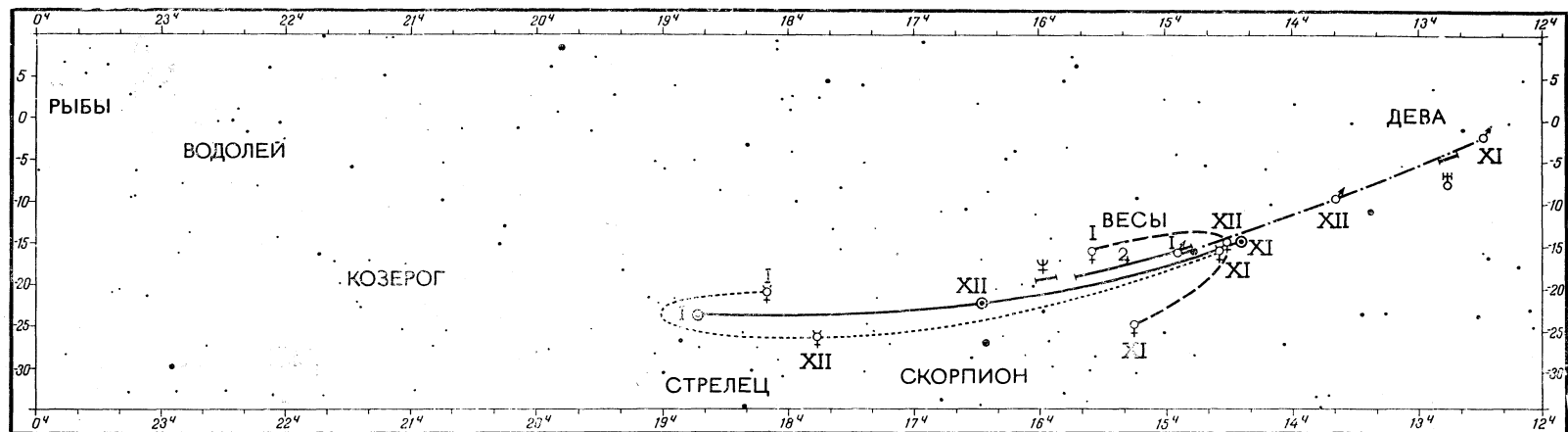


восхождения от 12 до 24° , склонения от $+10$ до -35°). Звезды нанесены до 4,75 звездной величины.

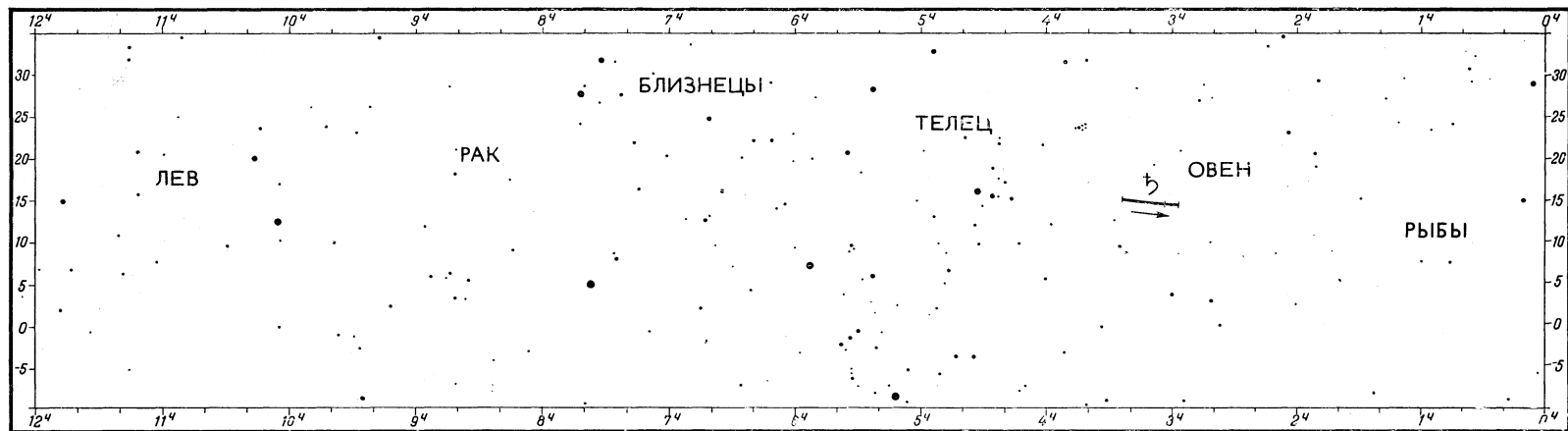
Пути планет (кроме Плутона) и Солнца изображены линиями или штрихами и отмечены значками. Римские цифры XI, XII, I соответствуют положению светил на первые числа ноября, декабря 1970 г. и января 1971 г.

На протяжении ноября и декабря ночью можно наблюдать Сатурн, по утрам — Марс и Уран. Во второй половине ноября начинают появляться перед рассветом Венера и Юпитер, а в декабре они хорошо видны по утрам. Нептун только в самом конце года можно наблюдать в телескоп в лучах утренней зари.

В. С. ЛАЗАРЕВСКИ Й



☉ - СОЛНЦЕ ☿ - МЕРКУРИЙ ♀ - ВЕНЕРА ♂ - МАРС ♃ - ЮПИТЕР ♄ - САТУРН ♅ - УРАН ♆ - НЕПТУН



ВСТРЕЧА

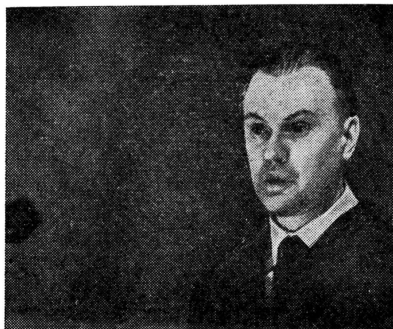
К. П. ФЕОКТИСТОВ: «Существуют ли внеземные цивилизации? В этом вопросе хочется быть оптимистом»



А. А. КОСМОДЕМЬЯНСКИЙ: «Каждый взлет фантазии К. Э. Циолковский подвергал строгому математическому анализу»



А. И. ЕРЕМЕЕВА: «История астрономии — это арена жестоких битв. Трудно перечислить пострадавших за научную истину»



К. П. ВАСИЛЬЕВ: «Метеорология служит людям. Искусственные спутники Земли служат метеорологии»



И. И. ЮДИН: «Напряженный творческий труд предшествует каждому запуску космического корабля»

В дни ленинского юбилея журнал «Земля и Вселенная» был в гостях у работников Водопроводной станции, снабжающей столицу водой. Живописный поселок Северный, раскинувшийся близ Клязьминского водохранилища, ждал ученых, космонавтов, журналистов. Работники Дома культуры немало потрудились над организацией и оформлением устного выпуска журнала.

Встречу открыл Герой Советского Союза, кандидат военных наук, полковник Л. М. Шишов. Он посвятил свое выступление деятельности Владимира Ильича Ленина в области создания основ советской авиации и влиянию его идей на развитие советской космонавтики. Член редакционной коллегии журнала «Земля и Вселенная», Герой Советского Союза, доктор технических наук, летчик-космонавт СССР К. П. Феоктистов рассказал об экспериментах по установлению контактов с внеземными цивилизациями. В ярком докладе профессора А. А. Космодемьянского был раскрыт многогранный образ К. Э. Циолковского — основоположника современной космонавтики и

ракетной техники, неистового мечтателя, чья душа кипела множеством идей. Кандидат физико-математических наук К. П. Васильев объяснил слушателям, как наблюдения, производимые с метеорологических спутников, позволяют предсказывать погоду. Один из постоянных авторов журнала — И. Т. Зоткин, освещая деятельность Комитета по метеоритам АН СССР, подчеркнул, что основная загадка Тунгусского метеорита, в принципе, объясняется очень просто. Для этого не нужны ни сенсационные версии, ни экзотические гипотезы. Истории астрономии, борьбе за торжество научной истины был посвящен доклад кандидата физико-математических наук А. И. Еремеевой.

Творческая дружба связывает журнал «Земля и Вселенная» с журналом «Авиация и Космонавтика». С неослабевающим интересом аудитория слушала заведующего отделом космонавтики этого журнала И. И. Юдина. Всем хотелось узнать, как подготавливаются и осуществляются пилотируемые космические полеты. Перед собравшимися выступили также ответственный

С ЧИТАТЕЛЯМИ

секретарь комиссии спортивно-технических проблем космонавтики Федерации авиационного спорта СССР, спортивный комиссар И. Г. Борисенко и старший референт отдела печати и пропаганды Всесоюзного общества филателистов В. А. Орлов.

Участников встречи журнала с читателями приветствовал лауреат Всесоюзного конкурса на лучшие песни и хоровые произведения, посвященные В. И. Ленину, партии, Родине, композитор Павел Аедоницкий. Его песни о космических трассах исполнили артисты Москонцерта. Зрители благодарили выступавших и организаторов. В знак глубокого уважения и признательности Константину Петровичу Фектистову преподнесли портрет Ю. А. Гагарина, выполненный художником-любителем, жителем поселка Северный.

Председатель поселкового совета Н. С. Трухин так выразил чувства собравшихся: «Мы признательны

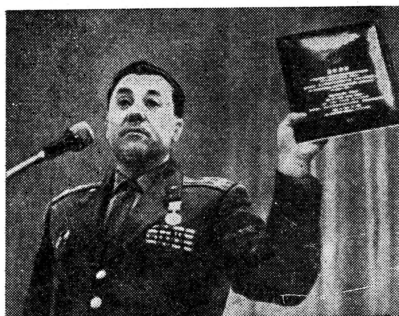


Участники встречи знакомятся с выставкой, организованной редакцией журнала «Земля и Вселенная»

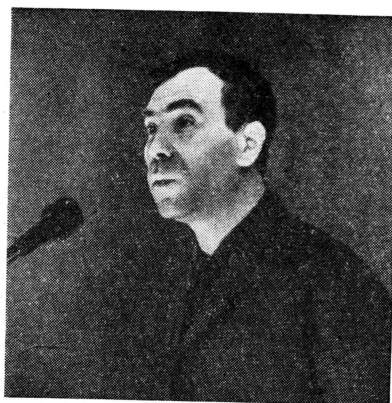
вам за то, что вы сделали для трудящихся нашего поселка, за вашу многотрудную работу по пропаганде достижений советской науки. Спасибо за вашу благородную миссию!»

Редакция «Земли и Вселенной» в свою очередь благодарит всех участников устного выпуска журнала.

Г. Н. ДЕЕВ
Т. В. ФИНИКОВА
Фото Э. И. Соркина



И. Г. БОРИСЕНКО: «Полет в космос — это не только достижение науки и техники, это еще и спортивный подвиг. Вы видите документы, удостоверяющие спортивные рекорды Ю. А. Гагарина»



И. Т. ЗОТКИН: «Главные особенности тунгусского взрыва могут быть объяснены дроблением метеорного тела, которое двигалось с космической скоростью»



В. А. ОРЛОВ: «Хотя космическая филателия очень молода, она опередила некоторые другие области тематического коллекционирования»



Орбитальные станции на почтовых марках

Еще задолго до того, когда стыковка космических аппаратов стала реальностью, в некоторых странах стали появляться марки с изображением собранных в Космос сложных орбитальных станций. Художники, создававшие эти марки, обращались к проектам летательных аппаратов, опубликованным много лет назад. Придавая рисунку некоторую стилизацию, они вносили в изображение космических станций элементы фантазии. Подобная марка впервые была создана чешским художником Я. Мрачеком в 1965 г. На ней изображен спутник-лаборатория, который предназначен для длительных полетов.

30 октября 1967 г. впервые в истории космонавтики была осуществлена автоматическая стыковка советских спутников «Космос-186» и «Космос-188». Вскоре была выпущена советская марка, рассказывающая об этом удивительном эксперименте. На небольшой площади живописного поля отчетливо видна схема взаимного поиска, сближения, причаливания и жесткой стыковки спутников. На переднем плане вырисовывается полет состыкованных искусственных спутников Земли. Марка снабжена надписью: «Первая в мире автоматическая стыковка спутников «Космос-186», «Космос-188». 30.X.1967». На другой советской марке показаны

космические аппараты в момент сближения и причаливания, а на специальном купоне этой почтовой миниатюры помещен текст: «30.X.67 произведена автоматическая стыковка искусственных спутников «Космос-186» и «Космос-188». Это новая выдающаяся победа советской науки и техники». Марка отличается оригинальностью полиграфического исполнения, являясь частью цепки из трех марок с купонами. Они объединены общим фоном земного шара и космическими орбитами, простирающимися через все шесть элементов цепки, разделенных перфорацией. Серия была выпущена ко Дню космонавтики в 1968 г.

Автоматической стыковке спутников посвящены также марки, изданные в Болгарии и ГДР.

Марка с портретом летчика-космонавта СССР Г. Т. Берегового напоминает о следующем этапе программы советских космических исследований. Совершен совместный полет корабля «Союз-3» с космонавтом на борту и непилотируемого космического корабля «Союз-2». На этой марке изображен корабль «Союз-3» вместе с ракетой-носителем в момент старта. Полету Г. Т. Берегового посвящен и памятный почтовый блок, изданный ко Дню космонавтики в 1969 г.

Полет космических кораблей «Со-





юз-4» и «Союз-5» озаменован тем, что впервые в истории на космический корабль, находящийся на орбите, через Космос была доставлена почтовая корреспонденция другим кораблем. Министерство связи СССР выпустило памятный блок, поступивший в почтовое обращение 22 января 1969 г. — в день, когда Москва торжественно встречала новых героев космоса: В. А. Шаталова, А. С. Елисеева, Б. В. Волинова и Е. В. Хрунова. На фоне состыкованных кораблей «Союз-4» и «Союз-5» воспроизведен групповой портрет четырех космических братьев. На верхнем поле блока текст: «16.1.1969 — впервые в мире

создана экспериментальная космическая станция», а под портретами подпись красными буквами: «Родина гордится вами, герои космоса!» Это выдающееся достижение советской космонавтики отмечено также почтой зарубежных стран. Так, например, в Венгрии был издан малый почтовый лист (клейнбоген) из восьми марок, попарно соединенных ярким многоцветным купоном с изображением космонавта в гермошлеме. На марках, расположенных левее купона, изображен полет экспериментальной станции, а на правых — переход космонавтов из одного корабля в другой. Несомненный интерес представляет



также блок, изданный в Румынии. Он состоит из четырех одинаковых марок, посвященных полету космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5». На поле блока указаны даты и время запуска кораблей, их стыковки и посадки.

Вскоре после успешного завершения группового полета космических

«Ураганы, бури и смерчи»

Пролетая над Тихим океаном юго-восточнее Японских островов, советский спутник «Космос-122» обнаружил два одновременно развивающихся тайфуна. Все метеостанции и мировая служба погоды были оповещены

о их приближении. Большие бедствия удалось предотвратить. В сентябре 1963 г. американский спутник «Тайрос VII» сфотографировал огромное скопление облаков над Атлантическим океаном. А спустя некоторое время на восточное побережье США, Кубу, Гаити и другие острова обрушился страшный ураган Флора. Сотни разрушенных домов, тысячи вырванных с корнем деревьев, более 7000 человеческих жертв — таков страшный итог разбушевавшейся стихии.

Как и где возникают эти опасные явления природы, можно ли их своевременно обнаружить, предупредить о приближении и ослабить разрушительное действие?

Ответы на эти вопросы можно найти в книге старейшего советского геолога, академика Д. В. Наливкина «Ураганы, бури и смерчи» («Наука», 1969 г.). Это исключительно подробный и интересный рассказ о происхождении и особенностях грозных сил природы, об их влиянии на различные процессы и человеческую деятельность.

Ураганы формируются как в тропических, так и в нетропических областях. Большая часть их возникает в Западной Атлантике, а затем, распространяясь по различным направлениям, захватывает все большее и большее число районов. Вихревые движения воздуха, вызванные перепадами температур, приводят к изменению атмосферного давления. В центре вихря давление воздушных масс падает и начинается энергичная циркуляция воздуха. Не встречая при своем движении ощутимого сопротивления, вихрь набирает колоссальную силу и превращает спокойные воздушные массы в бушующие ураганы.

Ураганы обладают неимоверной разрушительной силой. Налетевший на французский город Шербур 11 января 1866 г. ураган потопил 22 из 32 стоявших в порту судов. Громадные каменные глыбы весом 2—3 т, лежавшие у основания мола, были подняты на высоту более 8 м и выброшены на его поверхность. Волны, ударявшиеся о мол, поднимали каскады воды высотой 50—60 м.



кораблей «Союз-6», «Союз-7», «Союз-8» (11—18.10.1969) Министерство связи СССР выпустило серию из трех марок, расположенных в листе горизонтальными полосками. На марках портреты летчиков-космонавтов СССР Г. С. Шонина и В. Н. Кубасова («Союз-6»); А. В. Филиппенко, В. Н. Волкова и В. В. Горбатко («Союз-7»); В. А. Шаталова и А. С. Елисеева («Союз-8»).

Почтовые ведомства многих стран посвятили свои марки запускам аме-

риканских космических кораблей «Джеминай». Как известно, во время полетов «Джеминай-7» и «Джеминай-6» американцы начали отработывать сближение, а затем стыковку. На марках Парагвая эти опыты показаны весьма выразительно. Рисунки сопровождаются пространственными пояснениями с указанием фамилий космонавтов, длительности полета каждого корабля, скорости полета относительно Земли, минимального расстояния между кораблями и т. д.

Марки Болгарии, Венгрии, Монголии, Чехословакии, Югославии отразили и последующие запуски космических кораблей «Джеминай». Однако наиболее интересны почтовые миниатюры Парагвая, на которых отчетливо представлены внешний вид космических аппаратов и основное содержание научно-технических экспериментов.

В. А. ОРЛОВ

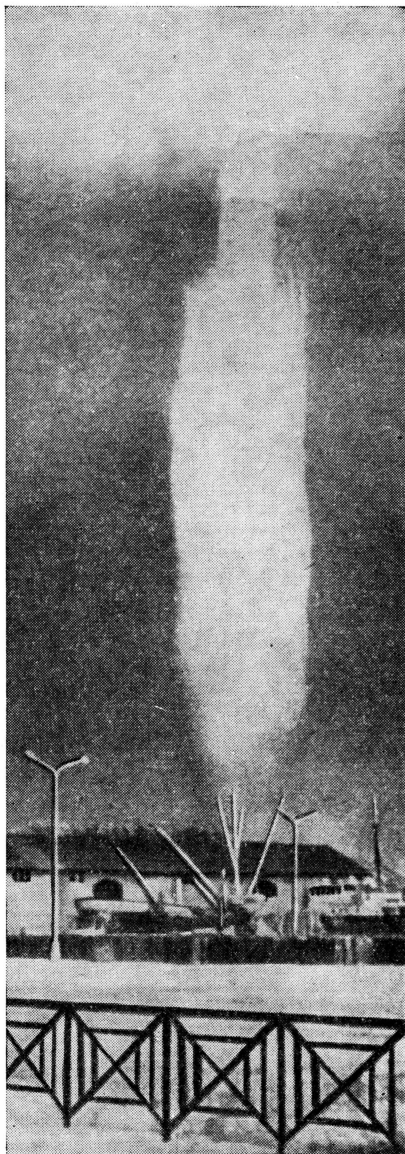
Зимой 1967—1968 гг. ураганные ветры не обошли и территорию Советского Союза. Ветры, сопровождавшиеся ливнями, пронесли над северо-западными районами. В Калининградской области ураганный ветер (до 30—35 м/сек) вырывал с корнями многолетние деревья, срывал с причалов рыболовецкие суда, сносил легкие постройки. Глубокий циклон повысил уровень воды в Балтийском море, а затем и в Финском заливе. Нагон воды дошел до устья Невы.

Много «хлопот» приносят бури. Наиболее опасные из них — пыльные бури — поднимают обломки пород огромных размеров, песок, ил. В Северной Дакоте (США) в 1921 г. пыльная буря охватила площадь в 400 000 кв. миль. На каждой квадратной миле здесь осело около 800 т пыли. Если бы потребовалось перевезти столько пыли поездом, то длина его составила бы 10 000 км.

Страницы книги повествуют о бурях, часто пронесшихся по Средней Азии, Северной Африке, Китаю и многим другим странам и континентам. В Малой Азии и Аравии сухой ветер пустынь называют самумом. Утро 4 апреля 1960 г. надолго запомнится жителям Багдада. Появившееся на горизонте небольшое темное облачко быстро приближалось к городу. Через 10 минут оно окутало темно-бурой мглой столицу Ирака. Через три часа немного просветлело. Облачко пыли поднялось на 10, затем на 30 м и быстро унеслось. Так повторялось три дня подряд. Это был еще не очень сильный самум. Но бывают и такие, что засыпают караваны, поселения, посевы.

Смерчи — «родичи» ураганов, вихрей и бурь. Они засасывают и уносят самые разнообразные предметы, падающие на их пути. (Дальневосточные медузы и английские крабы пролетали в облаке более 50 км, а листы бумаги — 120 км. Рыбы, лягушки, монеты падали с дождем спустя много времени после смерча.)

Полностью предотвратить ураганы, бури и смерчи пока еще не удается, но активно помешать развитию и предупредить о их появлении человек научился. Запуск специальных метеорологических спутников, наблю-



Водяной столб у берегов Испании во время бури 2 сентября 1965 г.

дения с помощью радарных установок уже сейчас позволяют предвидеть и в значительной степени избежать катастрофических последствий ураганов и бурь.

Книга академика Д. В. Наливкина доступна каждому, она открывает мир удивительных событий, происходящих в атмосфере Земли.

А. Я. САЛТЫКОВСКИЙ
кандидат геолого-минералогических наук

ОТВЕЧАЕМ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

Дорогая редакция!

В нашем классе на уроке астрономии возник спор о Тунгусском теле. О нем пишут по-разному. Например, в журнале «Техника — молодежи», № 12 за 1969 г. в статье Ф. Ю. Зигеля рассказывается о маневре Тунгусского тела и о том, что Тунгусский взрыв был ядерным. В книге «Беседы о космосе и гипотезах» В. А. Бронштэна, описана гипотеза, согласно которой Тунгусское тело является кометой, а взрыв тепловым. Ответьте, пожалуйста, что представляет собой Тунгусское тело, маневрировало ли оно над Тунгуской и каков характер взрыва.

Д. Роговатский, ученик
10 класса (Сарканд, Казахская ССР)

На эти вопросы редакция попросила ответить И. Т. ЗОТКИНА, сотрудника Комитета по метеоритам АН СССР.

Падение космического тела, получившего название Тунгусского метеорита, случилось 30 июня 1908 г. В течение последующих сорока лет ни у кого не возникало сомнения в его естественной природе. Лишь в 1946 г. (когда изобрели атомные бомбы) в научно-фантастической литературе появилась версия о том, что Тунгусская катастрофа была вызвана атомным взрывом внеземного космического корабля при неудачной посадке на Землю.

Идея о посещении Земли разумными существами — очень заманчивая, привлекательная; она будит воображение. Этим и объясняется ее живучесть на страницах научно-популярных журналов.

Однако никаких достоверных доводов, прямых или косвенных, в пользу искусственного происхождения Тунгусской катастрофы нет. Не убедительны и рассуждения Ф. Ю. Зигеля о маневрировании Тунгусского тела. Впечатление обоснованности Ф. Ю. Зигеля создает ссылками на очевидцев, которые из различных пунктов Сибири видели полет Тунгусского болида. На основе этих наблюдений Ф. Ю. Зигель и делает заключение об изменении направления движения Тунгусского метеорита с

северного на западное. Но если внимательно разобраться, то из показаний очевидцев такой вывод не следует.

Мне самому неоднократно пришлось обрабатывать данные, полученные в результате опроса населения о падениях метеоритов и полетах ярких болидов, и я знаю, насколько противоречивы, неточны, часто взаимоисключающие показания случайных свидетелей (а других, как правило, не бывает). Рассказывая о том, что наблюдалось много лет назад, очевидцы путают стороны горизонта, последовательность и время событий. Поэтому к этим данным следует подходить критически.

И все же наиболее достоверные наблюдения, например те, которые можно привязать к Солнцу, зениту или другим надежным ориентирам, по-моему, свидетельствуют о полете болида с востока — юго-востока. Это согласуется с направлением вывала леса.

Что же касается следов радиоактивности, связанных с Тунгусским взрывом, то обнаружить ее не раз

пытались многие научные организации методами несравненно более тонкими, чем измерение гамма-излучения, результаты которого приведены в статье Ф. Ю. Зигеля. И всегда радиоактивность можно было объяснить или геологическим фоном, или современными ядерными испытаниями. Таким образом, сейчас нет ни одного факта, подтверждающего ядерный характер Тунгусского взрыва.

Теперь самый трудный вопрос: какова же природа Тунгусского метеорита? Большинство астрономов считают, что 30 июня 1908 г. в атмосферу Земли вторглось крупное метеоритное тело. Скорость его составляла около 40 км/сек, а масса — десятки тысяч тонн. Кинетическая энергия такого тела соответствует энергии Тунгусского взрыва, которая установлена достаточно точно и равна взрыву 10 мегатонн тротила. С астрономической точки зрения Тунгусское тело маленькое — не более ста метров в поперечнике.

По-видимому, Тунгусское тело не было каменным или железным метеоритом, иначе оно достигло бы Земли

и при ударе образовало кратер поперечником не менее километра, чего не наблюдается. Следует допустить, что Тунгусское тело, подобно ядрам комет, состояло из какого-то непрочного рыхлого вещества: льда, замерзших газов и небольших твердых включений. Такое космическое тело в плотных слоях атмосферы из-за огромного сопротивления воздуха дробится, частично превращается в пыль и бурно испаряется. Кинетическая энергия движения переходит в ударную волну. Иными словами, происходит взрыв, но не химический, ядерный или тепловой, а, так сказать, «механический». Возможно, разрушение тела было интенсифицировано распадом неустойчивых соединений типа свободных радикалов (они известны в кометах). Кроме того, аэродинамический нагрев и испарение космического тела в плотных слоях атмосферы нарастает лавинообразно. Так что основную «загадку Тунгусского метеорита» — его взрыв в воздухе — можно объяснить, не прибегая к довольно рискованному механизму вроде искусственного атомного взрыва.

«КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ»

Так будет называться новая подписная серия научно-популярных брошюр, которую с января 1971 г. начнет выпускать издательство «Знание». Из нее вы узнаете о космической метеорологии, исследованиях в астрофизике, программе «Интеркосмос», орбитальных станциях и о многом другом.

Авторы брошюр — крупнейшие ученые, инженеры, космонавты.

В 1971 г. подписчики серии получат 12 брошюр, в том числе: **А. Елисеев**, космонавт. Управление космическим кораблем и задачи экипажа; **К. Кондратьев**, член-корреспондент АН СССР. Спутники и проблема природных ресурсов; **Д. Мартынов**, доктор физико-математических наук. Луна и планеты; **Б. Раушенбах**, член-корреспондент АН СССР. Космическая навигация; **Г. Скуридин**, доктор физико-математических наук. Аппараты для исследования планет и т. д.

Индекс серии в каталоге «Союзпечать» — 70101. Стоимость подписки на год — 1 руб. 08 коп.

ВЫПИСЫВАЙТЕ И ЧИТАЙТЕ брошюры серии «Космонавтика, астрономия»!

Орган Секции физико-технических и математических наук,
Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук **Д. Я. МАРТЫНОВ**
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук **М. Г. КРОШКИН**
Ответственный секретарь кандидат пед. наук **Е. П. ЛЕВИТАН**
Член-корреспондент АН СССР **Г. А. АВСЮК**, доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук **В. А. БРОНШТЭН**, член-корреспондент АН СССР **Ю. Д. БУЛАНЖЕ**, доктор техн. наук **А. А. ИЗOTOB**, доктор физ.-мат. наук **И. К. КОВАЛЬ**, доктор географических наук **В. Г. КОРТ**, доктор физ.-мат. наук **Р. В. КУНИЦКИЙ**, доктор физ.-мат. наук **Б. Ю. ЛЕВИН**, кандидат физ.-мат. наук **Г. А. ЛЕЙКИН**, академик **А. А. МИХАЙЛОВ**, кандидат физ.-мат. наук **И. Д. НОВИКОВ**, доктор физ.-мат. наук **К. Ф. ОГОРОДНИКОВ**, доктор физ.-мат. наук **Г. Н. ПЕТРОВА**, доктор геол.-мин. наук **Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ**, доктор физ.-мат. наук **В. В. РАДЗИЕВСКИЙ**, доктор физ.-мат. наук **Ю. А. РЯБОВ**, доктор техн. наук **К. П. ФЕОКТИСТОВ**, академик **В. Г. ФЕСЕНКОВ**, доктор геол.-мин. наук **Ю. М. ШЕЙНМАНН**.

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

2-я типография издательства «Наука». Москва Г-99, Шубинский пер., 10

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Адрес редакции: Москва, В-333,

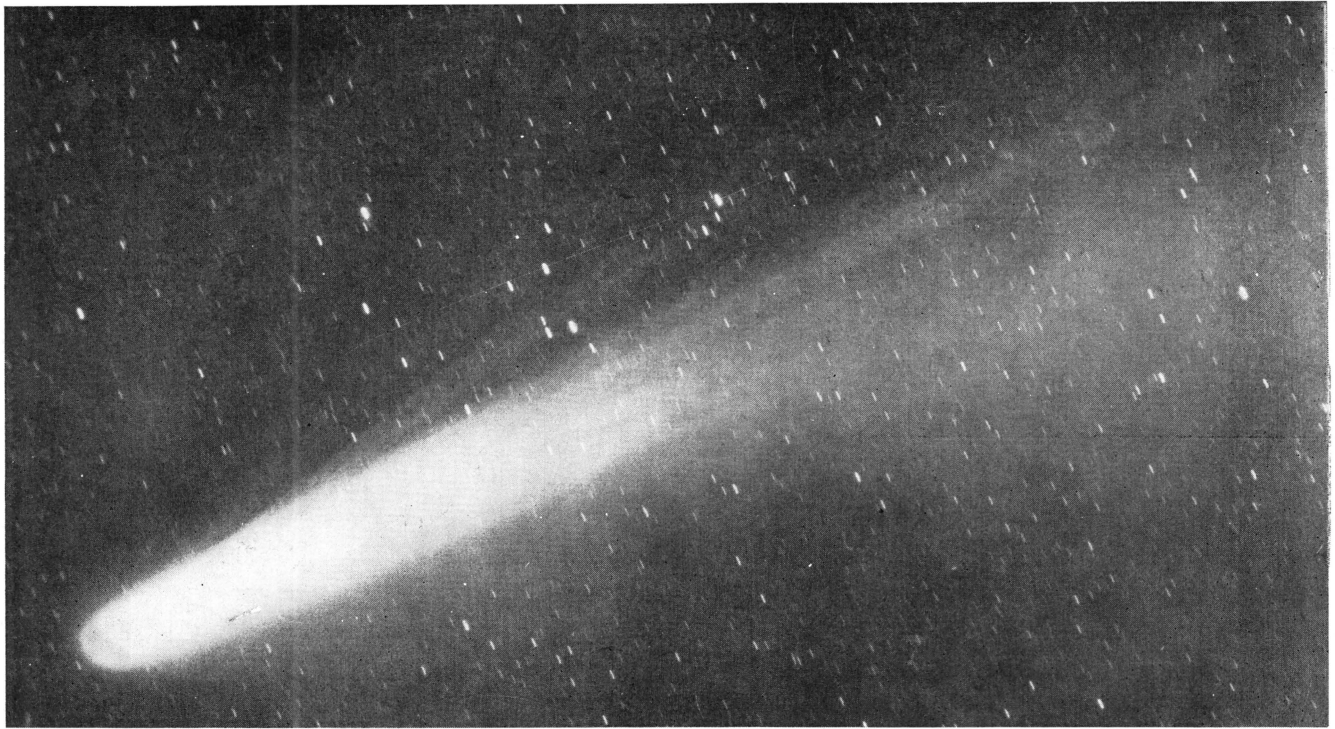


Ленинский пр., д. 61/1
тел. 135-64-81
135-63-08

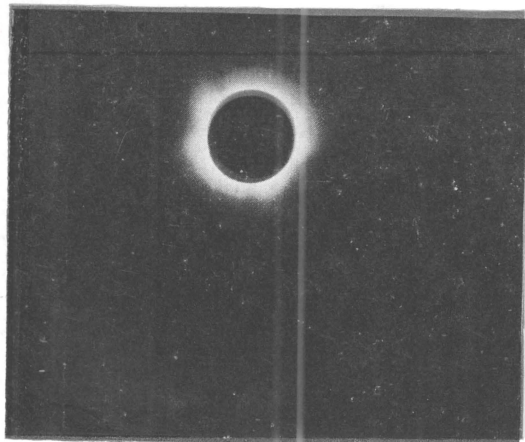
Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: **И. П. Громова**,
Г. Н. Нелидова

Т-14433 Подписано в печать 15/IX 1970 г.
Сдано в набор 30/VI 1970 г.
Формат бум. 84×108¹/₁₆. Печ. л. 5,0 (8,4)
Бум. л. 2,5 Уч.-изд. л. 10,3+1 вкл.
Тираж 43 000 экз. Цена 30 коп. Заказ 753



Фотографии кометы Бэннета, полученные 8 апреля (верхняя) и 10 апреля 1970 г. сотрудником Крымской астрофизической обсерватории Н. С. Черных на двойном 40-сантиметровом астрографе. Сравнив эти две фотографии, можно заметить, как за два дня изменился вид кометы. Если 8 апреля у кометы наблюдался слабый, отходящий под небольшим углом вверх хвост, то 10 апреля его уже не было видно



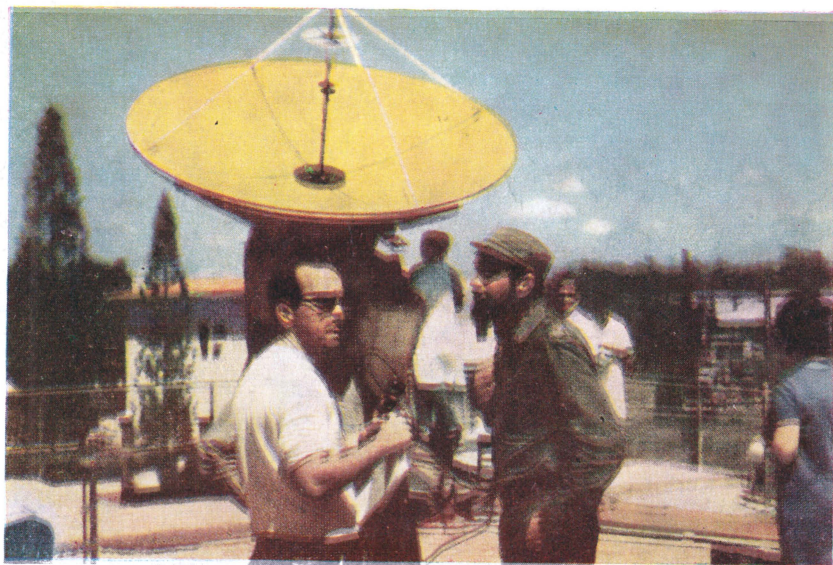
1

Солнечное затмение 7 марта 1970 года советские астрономы наблюдали в Мексике и на Кубе.

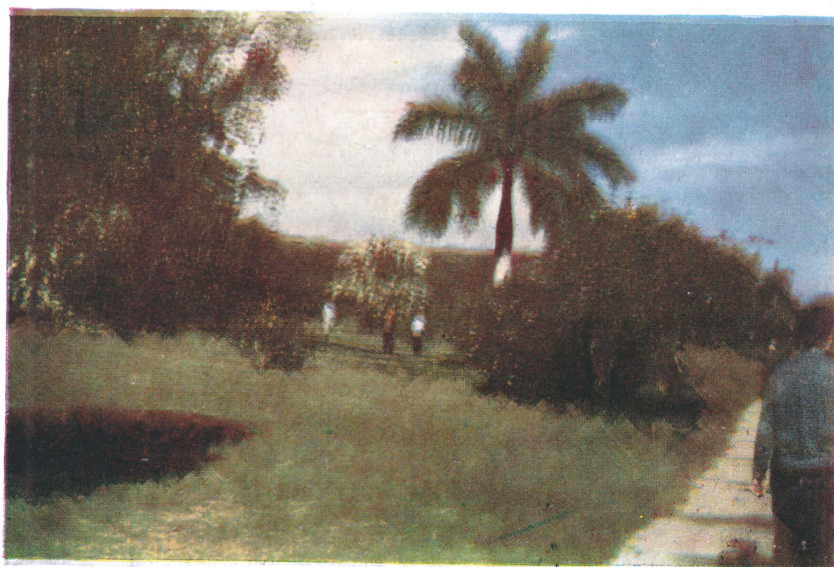
1 — Солнечная корона. Снимок получен во время затмения в Мексике

2 — Президент Академии наук Кубы Нуньес Хименес (справа) на площадке советской экспедиции

3 — Куба. Советские астрономы знакомятся с курортом Барадеро



2



3

Цена 30 коп.

Издательство

Индекс 70336



«Наука»